



SEIZIÈME CAHIER DE LA HUITIÈME SÉRIE

GEORGES SORE L

les préoccupations métaphysiques des physiciens modernes

AVANT-PROPOS DE JULIEN BENDA

CAHIERS DE LA QUINZAINE
paraissant seize fois par an
PARIS
8, rue de la Sorbonne, au rez-de-chaussée

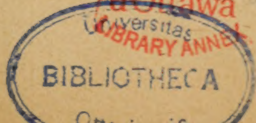
CE

P. Prat

Donné, a 16-4-32







Nous avons publié dans nos éditions antérieures et dans nos cinq premières séries, 1900-1904, un si grand nombre de documents, de textes formant dossiers, de renseignements et de commentaires; — un si grand nombre de cahiers de lettres, — nouvelles, romans, drames, dialogues, poèmes et contes; — un si grand nombre de cahiers d'histoire et de philosophie; et ces documents, renseignements, textes, dossiers et commentaires, ces cahiers de lettres, d'histoire et de philosophie étaient si considérables que nous ne pouvons pas songer à en donner ici l'énoncé même le plus succinct; pour savoir ce qui a paru dans les cinq premières séries des cahiers, il suffit d'envoyer un mandat de cinq francs à M. André Bourgeois, administrateur des cahiers, 8, rue de la Sorbonne, rez-de-chaussée, Paris, cinquième arrondissement; on recevra en retour le catalogue analytique sommaire, *1900-1904, de nos cinq premières séries.*

Ce catalogue a été justement établi pour donner, autant qu'il se pouvait, une image en bref, un raccourci, une idée, abrégée, mais complète, de nos éditions antérieures et de nos cinq premières séries; tout y est classé dans l'ordre; il suffit de le lire pour trouver, à leur place, les références demandées.

Ce catalogue, in-18 grand jésus, forme un cahier très épais de XII+408 pages très denses, marqué cinq

francs ; ce cahier comptait comme premier cahier de la sixième série et nos abonnés l'ont reçu à sa date, le 2 octobre 1904, comme premier cahier de la sixième série ; toute personne qui jusqu'au 31 décembre 1905 s'abonnait rétrospectivement à la sixième série le recevait, par le fait même de son abonnement, en tête de la série ; nous l'envoyons contre un mandat de cinq francs à toute personne qui nous en fait la demande.

Pour la septième série, année ouvrière 1905-1906, et en attendant que paraisse le catalogue analytique sommaire *de nos deuxièmes cinq séries, 1904-1909, on peut consulter, — provisoirement, — la petite* table analytique très sommaire *que nous en avons établie et que nous avons publiée en fin du premier cahier de la huitième série.*

Pour amorcer tout travail que l'on aurait à commencer dans notre premier catalogue analytique sommaire, *consulter le* petit index alphabétique *provisoire que nous avons établi automatiquement de ce* catalogue analytique sommaire *dans l'index total de nos éditions antérieures et de nos sept premières séries, même premier cahier de la huitième série.*

AVANT-PROPOS

AVANT-PROPOS

I

DES CORRESPONDANCES

Considérons les espaces parcourus par un corps en mouvement, ces espaces étant comptés à partir d'un point fixe dit origine ; et supposons que chacun de ces espaces ne soit considéré que *conjointement* avec le temps employé à le parcourir, c'est-à-dire que le phénomène considéré ne sera dit identique à lui-même que si, l'ensemble des espaces demeurant identique à lui-même, l'ensemble des temps employés à parcourir chacun d'eux demeure également identique à lui-même. Nous aurons là l'exemple de deux ensembles de nombres — l'ensemble des nombres qui mesurent les espaces et l'ensemble des nombres qui mesurent les temps — tels que à chaque nombre de l'un de ces ensembles *correspond* un nombre de l'autre.

[Il est clair que les espaces pourraient être considérés

indépendamment des temps employés à les parcourir. C'est ce qui se fait, par exemple, dans la science dite « de l'Énergie ». Il y est dit (et cela peut déconcerter) que l'espace parcouru par un corps — ou encore le produit de cet espace par le poids de ce corps, soit le « travail mécanique » accompli par ce corps — est *indépendant du temps :* cela ne veut pas dire, évidemment, que cet espace — ou ce travail — n'a pas exigé, pour se produire, un certain temps bien déterminé; cela veut dire que, dans le phénomène considéré, ce temps n'est pas pris en considération; que, en d'autres termes, ce phénomène sera dit identique à lui-même à la seule condition que l'espace — ou le travail — considéré demeurera identique à lui-même, nonobstant que le temps employé à le produire ne le demeurera pas, c'est-à-dire nonobstant que cet espace — ou ce travail — auront été produits vitement ou lentement.]

Considérons encore les diverses températures d'une barre métallique que nous échauffons, ces températures étant comptées par exemple à partir de la température de la glace fondante; et supposons que chacune de ces températures ne soit considérée que *conjointement* avec la longueur qu'elle fait prendre à cette barre par l'effet de la dilatation. Nous aurons là encore l'exemple de deux ensembles de nombres — l'ensemble des nombres qui mesurent les températures et l'ensemble des nombres qui mesurent les longueurs — tels que à chaque nombre de l'un de ces ensembles *correspond* un nombre de l'autre.

Deux tels ensembles de nombres constituent ce que nous appellerons une *correspondance.*

Remarquons que la notion de correspondance implique

seulement que, un nombre étant donné dans l'un des deux ensembles considérés, il *existe* dans l'autre ensemble un nombre qui lui correspond ; elle n'implique nullement que ce second nombre est *connu*. S'il l'est, nous dirons que le couple des deux nombres se correspondant constitue, dans cette correspondance, un couple *connu;* sinon, qu'il y constitue un couple *inconnu*.

II

DES CORRESPONDANCES LOGIQUES

Considérons une correspondance et un certain nombre de ses couples connus, quatre par exemple :

a_1	et son	correspondant	b_1
a_2	—	—	b_2
a_3	—	—	b_3
a_4	—	—	b_4

Et supposons que l'on ait déterminé (la mathématique enseigne à le faire) une certaine propriété commune à tous ces couples, c'est-à-dire que l'on ait déterminé une certaine *relation* existant aussi bien entre les deux termes (a_1, b_1) du premier couple qu'entre les deux termes (a_2, b_2) du deuxième couple, etc..., qu'entre les deux termes du dernier couple connu. [Cette relation commune sera, par exemple, que le premier terme de chaque couple est le *tiers* de son correspondant ; ou encore, qu'il est la *racine carrée* de son correspondant ;

ou encore, qu'il est *égal* à son correspondant augmenté d'une certaine quantité invariable, etc. Cette relation pourra encore être une combinaison déterminée de relations plus simples.]

Cette relation étant donnée pour les couples connus, la question suivante se pose naturellement : « Cette relation existe-t-elle aussi pour les couples inconnus ? » — On sent toute l'importance de cette question : si, en effet, la relation persiste, il n'est plus nécessaire, pour connaître un couple inconnu — c'est-à-dire pour connaître le nombre inconnu qui correspond dans l'un des ensembles à un nombre donné dans l'autre ensemble, — il n'est plus nécessaire de déterminer *expérimentalement* ce nombre inconnu ; il suffit de déterminer *mathématiquement*, sans quitter sa table de travail, un nombre entretenant avec le nombre donné la relation donnée : si, par exemple, entre le temps depuis lequel un corps est abandonné du haut d'un édifice et l'espace parcouru par ce corps il persiste cette relation, à savoir que l'espace est égal au carré du temps multiplié par un certain nombre invariable (qui est la moitié de l'accélération due à la pesanteur, 9,8088), si cette relation persiste, il ne sera plus nécessaire, pour savoir quel espace correspond au temps 3 par exemple, de déterminer *expérimentalement* cet espace (opération difficile en raison de la rapidité de la chute du corps) ; il suffira de déterminer *mathématiquement* un nombre tel qu'il soit égal au carré de 3 multiplié par la moitié de 9,8088 ; si (autre exemple) entre la température d'une barre métallique et sa longueur correspondante il persiste cette relation, à savoir que la longueur est égale à la température multipliée par un nombre invariable (qui

est le « coefficient de dilatation » du métal considéré, soit $\frac{1}{750}$) et augmentée d'un autre nombre invariable (qui est la longueur de la barre à 0°, soit 1 mètre), si cette relation persiste, il ne sera plus nécessaire, pour savoir quelle température correspond à la longueur de 1m,04 par exemple, de déterminer expérimentalement cette température (opération longue, coûteuse, sujette à erreurs et à recommencements); il suffira de déterminer mathématiquement (à coup sûr) un nombre tel que si on le multiplie par $\frac{1}{750}$ et qu'on ajoute à ce produit le nombre 1 on trouve le nombre 1,04. — En un mot, si la relation existant pour les couples connus persiste pour les couples inconnus *et seulement alors*, voir n'est plus nécessaire pour savoir : prévoir est devenu possible.

On cherchera donc si la relation persiste. A cet effet, on formera — expérimentalement encore — quelques couples inconnus, par exemple le couple (a_5, b_5), et l'on regardera si la relation existant entre a_1 et b_1, entre a_2 et b_2, etc..., entre a_4 et b_4, existe aussi entre a_5 et b_5. Ici deux suppositions sont possibles : 1° Supposons d'abord qu'on ait vérifié que la relation existe entre a_5 et b_5 et qu'on ait vérifié qu'elle existe pour un grand nombre d'autres couples, mille par exemple. On *admettra* alors qu'elle existe aussi pour les autres couples encore inconnus. [On le voit, la persistance d'une relation est une chose que l'on *admet*, elle est l'objet d'une *hypothèse*, d'une *croyance* (et non d'une connaissance), elle implique un acte de *confiance*, un acte de *foi* : que, justement dans les cas où on s'abstient de le vérifier, les espaces cessent d'être proportionnels aux carrés des temps, c'est une chose qu'on ne prouvera

jamais, pas plus qu'on ne réfutera Berkeley déclarant que les choses cessent d'exister quand nous cessons de les percevoir; bannir ce doute et avoir foi, c'est précisément faire acte de science, la foi étant proprement ici, selon le mot de l'apôtre, « l'argument des choses invisibles et la substance (1) des choses espérées ». Et la persistance d'une relation est encore l'objet d'un préjugé, (2) plus exactement du préjugé de la coutume, puisque la seule raison qu'on ait de croire que la relation sera, c'est qu'elle a été. — Mais cette foi, comme le préjugé qui l'accompagne, est d'une nature particulière : elle est révocable : si ce qu'elle croyait vrai vient à se montrer faux, elle s'évanouit instantanément; bien plus, elle *se sait* révocable : elle sait que ce qu'elle croit vrai peut cesser de l'être et que la durée d'une chose, si longue soit-elle, n'implique en rien sa nécessité.] (3)

---

(1) « Sub-stance » c'est mot à mot le grec « hypo-thèse » (ou « hypo-stase »).

(2) Voir, sur la nécessité des idées préconçues, Henri Poincaré *(Science et Hypothèse,* page 170).

(3) Il s'agit ici du savant idéal. Le savant humain, lui, chérit l'objet de sa foi, et, son hypothèse reconnue fausse, il n'y renonce qu'avec peine. Très exceptionnel est cet admirable langage de M. Poincaré *(Science et Hypothèse,* page 179) : « Le physicien qui vient de renoncer à une de ses hypothèses devrait être plein de joie, car il vient de trouver une occasion inespérée de découverte. Si la vérification ne se fait pas, c'est qu'il y a quelque chose d'inattendu, d'extraordinaire : c'est qu'on va trouver de l'inconnu et du nouveau. » (Notons ici la profonde différence entre cet anarchisme, heureux du *changement* des catégories, et l'anarchisme de M. Bergson, heureux de leur *absence.* Voir une critique du bergsonisme par M. Poincaré, *Valeur de la Science,* page 216.) — Très exceptionnel aussi le savant qui s'avoue que la longue durée d'une relation n'implique pas sa nécessité : que, par exemple, cette vérité : « entre la masse d'un corps quelconque et son poids il y a proportionnalité » est d'un tout autre ordre que celle-ci : « entre un rayon d'un cercle et la tangente à l'extrémité de ce rayon il y a perpendicularité. » — Pourtant la différence est peu subtile. —

2° Supposons maintenant que la relation n'existe pas entre a_3 et b_3. (Ou bien que, existant entre a_3 et b_3 elle cesse d'exister pour un couple très proche (a_4, b_4) par exemple, qui remplacerait alors (a_3, b_3) dans le discours ci-après : ces deux cas sont identiques comme s'op-

---

Dans la seconde vérité, la propriété considérée (perpendicularité) est *impliquée* dans la définition des objets qu'elle affecte (rayon d'un cercle, tangente définie comme limite de sécante). Faire ressortir cette *implicité*, c'est le propre de la démonstration mathématique. C'est cette *implicité* que l'on entend par « nécessité des vérités mathématiques ». — Rien de pareil dans la première vérité. La masse étant jusqu'ici définie « le plus ou moins d'effort que réclame le corps pour acquérir un mouvement déterminé », et le poids « le plus ou moins d'attraction exercé sur lui par le globe terrestre », on pourra retourner en tous sens et regarder jusqu'au fond la définition de ces objets sans y trouver inscrit que l'un soit proportionnel à l'autre. La propriété considérée (proportionnalité) apparaît donc ici comme *posée* extérieurement sur les objets qu'elle affecte. Il est donc raisonnable de considérer comme possible de rencontrer les objets sans la propriété, c'est-à-dire des corps tels qu'entre leur masse et leur poids il n'y ait pas proportionnalité. (C'est la classique distinction de Kant entre les jugements analytiques et synthétiques, ou de Leibnitz entre les vérités d'identité et les vérités de fait, ou de Spinoza entre la cause immanente et la cause transitive.)

Citons, à ce propos, cette lumineuse page de M. de Freycinet (*Sur les principes de la Mécanique rationnelle*, page 26), auquel nous avons emprunté les définitions précédentes de la masse et du poids : « Qu'est-ce qui permettrait de supposer que la masse d'un corps est proportionnelle à son poids ? Pourquoi un corps puissamment attiré ne serait-il pas en même temps très facile à mouvoir ? Pareille opposition ne se rencontre-t-elle pas dans d'autres circonstances ? Par exemple, les corps les plus lourds sont, en général, les plus échauffables. De même le fer, plus léger que le platine, est beaucoup plus attiré que lui par un aimant. La cohésion, l'affinité chimique, au lieu d'être en raison des masses, varient énormément avec la nature des substances. Seul, le phénomène de la gravitation s'est montré en exacte concordance avec la masse, et il y avait, semble-t-il, des milliers de chances pour qu'une pareille concordance ne se vérifiât pas. Il faut toute l'habitude que nous en avons prise, soit par la connaissance des lois de l'Astronomie, soit par le maniement journalier des corps, pour que nous l'enregistrions sans un sentiment de surprise et d'admiration. »

posant au premier.) On cherchera alors et on trouvera (nous avons dit que la mathématique enseigne à le faire) une nouvelle relation telle qu'elle existe à la fois entre a_1 et b_1, a_2 et b_2, etc..., et entre les deux termes du couple réfractaire, disons entre a_5 et b_5. On cherchera alors si cette nouvelle relation n'existe pas aussi entre a_6 et b_6. Supposons qu'elle n'existe pas. On changera encore cette nouvelle relation en une autre qui existe à la fois entre a_1 et b_1, a_2 et b_2, etc..., a_6 et b_6; et l'on cherchera si cette nouvelle relation n'existe pas aussi entre a_7 et b_7... Et alors, de deux choses l'une : ou bien, après un certain nombre d'essais, on trouvera une relation valable pour un grand nombre de couples et autorisant à croire à sa persistance, ou bien on ne trouvera jamais une telle relation.

D'où la distinction suivante entre les correspondances : Étant donné une correspondance, il est ou il n'est pas possible de croire à une relation persistante (loi) à travers ses couples. (1) Dans le premier cas, nous dirons que la correspondance est *logique* (capable d'une loi); dans le second, qu'elle est *illogique* ou *empirique* ou *fortuite* (capable de hasard).

Reconnaître les correspondances logiques et en expliciter les lois, c'est tout l'objet de la physique mathématique. La forme seule de ces lois, dira même

(1) Je dis « à travers » et non « entre ». L'expression de M. Poincaré (*Valeur de la Science*, page 174) : « une loi est une relation constante entre le phénomène d'aujourd'hui et celui de demain », peut prêter au malentendu : En effet, ce n'est pas entre deux phénomènes qu'a lieu la relation, c'est entre deux éléments de chacun d'eux (entre le temps *d'aujourd'hui*, par exemple, et l'espace *d'aujourd'hui*) : ce qui a lieu entre les deux phénomènes, c'est la *constance de la relation*.

M. Poincaré, importe : peu importe l'idée qu'on se fait, suivant les époques, des choses entre lesquelles elles ont lieu. (1)

III

LES PHÉNOMÈNES NATURELS ET LES CORRESPONDANCES LOGIQUES

Les correspondances fournies par les phénomènes naturels — c'est-à-dire par le monde extérieur n'ayant subi aucune modification de la part de l'homme — sont-elles des correspondances logiques? Montrer quelle réponse — consciente ou inconsciente — tirent à cette question les physiciens anciens, et quelle les physiciens modernes, tel est l'objet du suivant article de M. Georges Sorel.

Les physiciens anciens — entendons jusqu'à ces trente dernières années — répondaient : oui, les correspondances fournies par les phénomènes naturels sont

(1) « Nos équations expriment des rapports et, si ces équations restent vraies, c'est que ces rapports conservent leur réalité. Elles nous apprennent, après comme avant, qu'il y a tel rapport entre quelque chose et quelque autre chose ; seulement, ce quelque chose nous l'appelions autrefois *mouvement*, nous l'appelons maintenant *courant électrique*. Mais ces appellations n'étaient que des images substituées aux objets réels que la nature nous cachera éternellement. Les rapports véritables entre ces objets réels sont la seule réalité que nous puissions atteindre, et la seule condition, c'est qu'il y ait les mêmes rapports entre ces objets qu'entre les images que nous sommes forcés de mettre à leur place. Si ces rapports nous sont connus, qu'importe si nous jugeons commode de remplacer une image par une autre. » (*Science et Hypothèse*, page 190)

logiques. [On prétendit même ensuite ramener ces correspondances logiques à un type unique, dit « équations de Lagrange ». Représenter tout phénomène naturel par un système d'équations de Lagrange concentra tous les efforts de la physique, parmi lesquels un des plus brillants fut la *théorie mécanique de l'électricité* par Maxwell.] Pour ces physiciens, le cas des phénomènes astronomiques, lesquels sont précisément capables de correspondances logiques, devait être le cas général des phénomènes naturels : ceux des phénomènes naturels, non encore capables de correspondances logiques (phénomènes de frottement ou *irréversibles)* (1) ne devaient cette incapacité qu'à un mauvais choix des grandeurs entre lesquelles on établissait une correspondance ou au mauvais choix de cette correspondance même (Helmholtz, Boltzmann); ils ne la devaient point à ce que leur essence fût incapable de lois. — C'est cette position qu'on appelle « déterminisme scientifique ». (Rien de commun avec le déterminisme philosophique.)

Les physiciens modernes — du moins certains d'entre eux — semblent répondre : non, les correspondances fournies par les phénomènes naturels ne sont point en général des correspondances logiques. Le cas des phénomènes astronomiques est un heureux cas particulier; le cas des phénomènes irréversibles est le cas général, et leur incapacité de correspondances logiques tient, non pas à l'insuffisance de notre effort, mais à l'essence

(1) On sait que tout ce que l'on a pu établir, pour les correspondances présentées par ces phénomènes, c'est que leur écart d'avec une certaine correspondance logique (dite « loi d'entropie ») a toujours lieu dans *le même sens*. C'est la célèbre « inégalité de Clausius ».

même de ces phénomènes. (1) C'est dire, avec Fresnel, que la nature ne se soucie pas de nos difficultés analytiques, ou, avec Épicure, que les dieux ne se soucient pas de la commodité des hommes. — On voit ici que, si « admettre le miracle » c'est ne point repousser la possibilité d'un illogisme dans la succession des choses naturelles, si c'est admettre que le monde de demain puisse présenter des relations tout autres que le monde passé, certains savants modernes admettent le miracle. On peut même dire qu'ils sont seuls à l'envisager bien en face, isolément, courageusement : le religieux en effet et le métaphysicien classique ne pouvant se défendre, en même temps qu'ils posent le miracle, de poser l'existence d'un être semblable à eux (Dieu, la « Providence », l'Être infini,...) au regard de qui le miracle cesse d'être miracle pour devenir chose logique. (2) On peut ajouter que ces savants, — en professant que, s'il est possible que l'homme réussisse un jour à établir partout des correspondances logiques, il y a beaucoup plus de chances pour qu'il n'y réussisse pas, — sont un assez bon exemple de non-orgueil humain.

Reconnue incapable de lois, la nature ne sera donc pas l'objet de la science. Le savant moderne a du moins appris où ne s'égarera plus son effort : sauf en quelques cas particuliers, il renonce à connaître la nature. Ce

(1) « Si, au contraire, le principe de Clausius se réduit à une inégalité, ce n'est pas l'imperfection de nos moyens d'observation qui en est la cause, mais la nature même de la question. » (Henri Poincaré, *Thermodynamique*, préface, page XIII. Voir aussi *idem*, chapitre XVII.)

(2) C'est aussi, au fond, le rôle du « petit démon » de Maxwell. (Voir, sur ce sujet, lord Kelvin, *Constitution de la matière*, page 90, et aussi E. Picard, *Quelques réflexions sur la mécanique*, page 27.)

qu'il cherche à connaître — et, par là, d'observateur il devient expérimentateur, « ouvrier », montrera M. Sorel — c'est un monde extérieur modifié par ses soins de manière à être capable de lois (par la suppression des frottements, comme dans la chimie des hautes températures, par exemple, ou par leur soumission à certaines conditions, comme dans la physique des modifications permanentes de M. Pierre Duhem); (1) monde restreint et inajusté à la nature *même partielle,* mais dont pratiquement la connaissance semble singulièrement fructueuse à l'homme et même suffisante... Il abandonne la possession de la nature à l'artiste, au poète, à l'amant : « qu'elle s'éveille aux bras d'un autre plus heureux que moi... »

JULIEN BENDA

---

(1) Sur les moyens de faire un monde capable de lois, voir M. Poincaré (*Science et Hypothèse*, pages 181 et suivantes).

Georges Sorel

LES PRÉOCCUPATIONS MÉTAPHYSIQUES DES PHYSICIENS MODERNES

DU MÊME AUTEUR

aux Cahiers de la Quinzaine

Le présent *petit index* donne automatiquement pour tout volume et pour tout cahier indiqué :

a) le numéro d'ordre de ce cahier dans le classement général de nos collections complètes, le numéro d'ordre de la série étant naturellement composé en grandes capitales de romain et le numéro d'ordre du cahier lui-même, dans la série ainsi déterminée, en chiffres arabes, de sorte que *V-17* par exemple doit évidemment se lire *dix-septième cahier de la cinquième série ;*

b) la date du *bon à tirer,* ou, à son défaut, la date du *fini d'imprimer,* ou, à son défaut, la date du cahier même;

c) le prix actuel;

d) quand il y a lieu, c'est-à-dire pour nos éditions antérieures et pour nos cinq premières séries, la page du *catalogue analytique sommaire* où ce cahier se trouve catalogué.

Georges Sorel, — *quelques mots sur Proudhon;* références (II-13, *samedi 22 juin 1901* .... un franc 34

— — *de l'Église et de l'État,* — fragments (III-3, *samedi 26 octobre 1901* .... un franc 98

— — *Jean Coste,* — étude brève (III-8, *jeudi 13 février 1902*.................................. deux francs 117

— — *Socialismes nationaux* (III-14, *mardi 22 avril 1902*, un franc 142

LES PRÉOCCUPATIONS MÉTAPHYSIQUES DES PHYSICIENS MODERNES

I

Il s'est produit, au cours du dix-neuvième siècle, deux faits dont on ne saurait s'exagérer la portée, au point de vue de l'histoire de la pensée humaine : d'une part, la science a prétendu rompre, d'une manière définitive, tout lien avec la philosophie de la nature, avec laquelle on l'avait si souvent confondue antérieurement ; d'autre part, les géomètres se sont beaucoup préoccupés de métaphysique et, chaque fois qu'ils ont abordé des problèmes de physique mathématique, ils se sont posé, avec anxiété, la question de savoir quels rapports existent entre la science et la réalité. Dans toutes les branches du savoir il serait possible de relever des tendances analogues vers la réflexion métaphysique et certaines anxiétés semblables à celles qui agitent l'esprit des géomètres ; mais il faut procéder à une discussion spéciale pour chacune des branches, et ici je ne veux m'occuper que de la physique, c'est-à-dire de la possibilité d'appliquer la mathématique à la connaissance de la nature.

Les conclusions sur lesquelles sont d'accord les savants contemporains ressemblent fort à la conclusion de Kant ; mais il n'est pas douteux qu'elles ne viennent pas de la lecture de la *Critique*. Ils ont trouvé qu'il est impossible de connaître l'essence des choses, alors que l'ancienne philosophie de la nature croyait que cette connaissance était l'objet même de la recherche scientifique ; c'est la technique du calcul infinitésimal qui les a conduits à cette doctrine. (1) Ce calcul considère des différences qui existent entre des grandeurs qui apparaissent dans deux phénomènes très voisins dans leur succession ; il exprime la vitesse avec laquelle ces grandeurs varient ; de là il passe à la détermination des différences qui existent entre les mêmes grandeurs considérées à deux époques quelconques, aussi éloignées qu'on le veut. (2) Ainsi la connaissance mathématique de la nature aboutit à nous donner des différences quantitatives qui sont étendues sur le cours du temps, et jamais aucune détermination propre à un instant donné. Dans ces conditions, il est absurde de se poser la question de savoir comment les choses sont constituées, question qui, aux yeux des anciens, devait découler de la mathématique.

---

(1) Il me paraît extrêmement vraisemblable que cette technique a eu, d'ailleurs, une influence considérable sur la pensée de Kant. La *Critique* n'aurait pu être écrite avant le temps où elle le fut, c'est-à-dire avant les grandes applications du calcul infinitésimal à la mécanique céleste.

(2) Cela n'est souvent vrai que théoriquement, parce que, la solution du problème étant obtenue par approximation, il peut arriver que les formules ne soient bonnes que dans certaines limites : c'est ce qui avait lieu, par exemple, dans les anciennes méthodes de la mécanique céleste. (Henri Poincaré, *les méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, tome I, page 2)

On ne devrait même pas dire que la science a pour objet la connaissance des phénomènes, puisqu'elle porte seulement sur quelque chose placé entre les phénomènes; mais voici en quel sens on peut cependant parler des phénomènes. L'astronome qui a enregistré une bonne observation d'un astre, peut partir de cette donnée, en la combinant avec les formules qui donnent les différences quantitatives, pour calculer la position que l'astre occupera dans le ciel à des époques ultérieures; il construit ainsi des horaires *(Connaissance des temps)* dont le navigateur se servira au cours de ses voyages. L'observation des astres en vue de mesurer le temps constituait ce que les Grecs appelaient : *phénomènes :* (1) par analogie, on peut donner le même nom à la notation du passage d'un astre sous certaines coordonnées célestes et, plus généralement, nommer phénomène tout ce que le calcul permet de prévoir. Les explications précédentes conduisent à une notion de la science qui est fort répandue : on dit souvent que la science a pour but de prévoir. Cette définition n'est point parfaitement satisfaisante, parce qu'elle n'est pas en rapport direct avec le seul résultat que fournisse la mathématique et qu'elle se rapporte à une application de la science plutôt qu'à la méthode scientifique elle-même.

La mécanique céleste n'aurait pas eu besoin de faire tant d'efforts en vue de perfectionner ses théories, si

---

(1) On faisait « le dénombrement des astres qui se levaient et se couchaient pendant que chaque signe du zodiaque se lève et se couche. C'est ce qui représente, à proprement parler, ce que les Grecs appelaient du terme technique de *phénomènes* ». (Paul Tannery, *Recherches sur l'histoire de l'astronomie ancienne,* page 10)

elle n'avait cherché que la construction des tables nautiques. « Le but de la mécanique céleste, dit M. Poincaré, (1) n'est pas atteint quand on a calculé des éphémérides plus ou moins approchées sans pouvoir se rendre compte du degré d'approximation obtenu. Si l'on constate des divergences entre ces éphémérides et les observations, il faut que l'on puisse reconnaître si la loi de Newton est en défaut ou si tout peut s'expliquer par l'imperfection » des méthodes de calcul. Le grand but est de savoir si la loi de Newton suffit pour expliquer tous les changements qui se produisent dans le système planétaire. (2) Ainsi la mécanique céleste, qui a fourni la notion de la science considérée comme prévision, conduit à une autre notion, à celle de la connaissance des mouvements célestes considérés dans ce qu'ils ont de plus fondamental et de plus éloigné de l'observation. On pourrait se demander si on ne revient point ainsi à la chose en soi ; seulement celle-ci ne serait plus l'essence du corps, mais l'essence du mouvement.

Ce n'est point, non plus, en vue de la prévision des phénomènes que l'on a tant discuté sur la stabilité du système solaire. Une telle propriété offre un caractère bien paradoxal : il semble, en effet, bien étrange qu'au milieu de tant de forces, les orbites des planètes ne s'écartent jamais beaucoup de leurs figures primitives ; (3) les plus grands savants ont fait les plus

(1) Poincaré, *Loc. cit.*, page 4.

(2) *Loc. cit.*, page 1.

(3) *Op. cit.*, tome III, chapitre XXVI. On n'a jamais pu démontrer que les orbites ne s'éloigneront jamais beaucoup de leurs positions primitives : Poisson a seulement prouvé qu'elles repassent indéfiniment très près de ces positions : on ne peut pas non plus prouver que les corps ne sauraient se choquer (pages 140-141).

grands efforts pour établir l'existence de la stabilité. On cherche ainsi à découvrir sur l'ensemble de toutes les trajectoires compatibles avec la loi newtonienne, une propriété générale qui aurait une certaine analogie avec celle que le géomètre découvre pour une famille de courbes ou de surfaces. On veut connaître une relation entre toutes les orbites qui se succéderont dans l'éternité. Si la stabilité existait au sens large où Lagrange avait cru pouvoir l'établir, on verrait toutes ces orbites couvrir de légères bandes autour de positions moyennes. C'est sur l'existence d'un tel mode de succession que l'on discute et non sur une prévision de phénomènes.

Tandis que l'astronomie se préoccupait ainsi de pénétrer la nature du système planétaire, les physiciens abandonnaient toute recherche exacte sur la nature des phénomènes terrestres; à leurs yeux la seule chose qu'il soit utile de rechercher serait une connaissance plus ou moins grossière de faits qui ne comporteraient aucune détermination précise; on devrait se déclarer satisfait quand on aurait une approximation suffisante pour les besoins de la pratique. Ainsi la science, bien loin de connaître les lois générales du monde, se bornerait à de bonnes recettes un peu plus perfectionnées seulement que celles de l'ancien empirisme. Il nous faut examiner de près comment ce scepticisme s'est produit.

II

La science avait reçu de la philosophie de la nature un grand nombre d'hypothèses sur la constitution des corps ; on avait cru, pendant longtemps, que la science devait éprouver et perfectionner ces hypothèses, en mieux déterminer les caractères et finalement aboutir à une connaissance de la matière. Au cours du dix-neuvième siècle les mathématiciens ont introduit beaucoup de nouvelles hypothèses et la science a fait une telle consommation de théories sur l'éther qu'on a fini par se demander si toutes ces conceptions n'étaient pas des simples *ficelles de métier*. « Peu nous importe, dit M. Poincaré, (1) que l'éther existe réellement, c'est l'affaire des métaphysiciens... Un jour viendra sans doute où l'éther sera rejeté comme inutile. »

On s'est aperçu que, plus d'une fois, des hypothèses bien distinctes conduisaient à des résultats identiques ; cela s'est produit d'une manière très frappante dans l'étude relative à la dispersion de la lumière. (2) « Tous

---

(1) Poincaré, *la Science et l'hypothèse*, pages 245-246. Je me reporterai très souvent à ce livre, dans lequel le grand géomètre a groupé, d'une manière particulièrement claire, toutes les difficultés que rencontre la théorie de la science moderne. Il y a résumé et concentré les idées qu'il avait exposées dans plusieurs préfaces à ses cours de physique mathématique.

(2) *Loc. cit.*, pages 191-192.

les savants qui sont venus après Helmholtz sont arrivés aux mêmes équations, en partant de points de départ en apparence très éloignés... Dans les prémisses de ces théories, ce qu'il y a de vrai, c'est ce qui est commun à tous les auteurs; c'est l'affirmation de tel ou tel rapport entre certaines choses que les uns appellent d'un nom et les autres d'un autre. » Si l'on peut ainsi changer les noms, c'est que les calculs ne dépendent pas de la nature des choses que les grandeurs mathématiques employées sont censées mesurer, et que les hypothèses ne sont que des conventions : « Dans les théories optiques, dit le même savant, (1) s'introduisent deux vecteurs que l'on regarde, l'un comme une vitesse, l'autre comme un tourbillon. C'est une hypothèse indifférente, puisqu'on serait arrivé aux mêmes conclusions en faisant précisément le contraire. » Ces hypothèses indifférentes « peuvent être utiles, soit comme artifices de calcul, soit pour soutenir notre entendement par des images concrètes, pour fixer les idées, comme on dit ». (2)

L'histoire de la science contemporaine nous révèle même quelque chose de plus paradoxal encore : jadis on attachait un grand prix à la vraisemblance des

---

(1) *Loc. cit.*, pages 180-181.

(2) M. Poincaré pense que « l'apparence concrète [est exigée par] la faiblesse de notre esprit ». Si je comprends bien sa pensée, les mathématiques pourraient être conçues sans les images concretes et, en cela, elles seraient supérieures à la physique. Je crois qu'il y aurait beaucoup de réserves à faire à ce sujet et je pense que les images sont exigées moins par la faiblesse de notre esprit que par l'insuffisance des mathématiques. Je suis persuadé que les mathématiques ne sauraient se développer si elles n'avaient pour soutiens des systèmes d'images qui opèrent, d'une manière inconsciente, chez le géomètre et qui en font un artiste.

hypothèses; maintenant on n'en attache aucune. Lord Kelvin (qui cependant croit à la possibilité de connaître la matière) a imaginé, pour rendre compte de l'élasticité de l'éther, des combinaisons mécaniques extraordinaires, comprenant des gyroscopes. (1) Maxwell suppose que les corps mauvais conducteurs d'électricité sont formés de cellules conductrices enfermées dans des parois très minces et isolantes; il applique cette hypothèse même aux gaz. (2) Ce grand inventeur ne se souciait même pas beaucoup d'éviter les contradictions; M. Poincaré nous apprend (3) que souvent les lecteurs français éprouvent un sentiment de malaise et de défiance en consultant ses livres; et il conclut ainsi : (4) « On ne doit pas se flatter d'éviter toute contradiction; mais il faut en prendre son parti. Deux théories contradictoires peuvent, en effet, pourvu qu'on ne les mêle pas et qu'on n'y cherche pas le fond des choses, être toutes deux d'utiles instruments de recherches. »

Il me semble vraisemblable que les mathématiciens ont adopté cette attitude sceptique et parlé avec autant de mépris des hypothèses parce qu'ils ont cru qu'on arriverait ainsi à accroître la confiance que les hommes ont dans les résultats de la science, en débarrassant celle-ci d'une alliance compromettante. Que les équations restent bonnes, c'est l'essentiel, puisque c'est au moyen de ces équations que l'on peut prévoir les phénomènes; ces équations nous fournissent « les rapports véritables

---

(1) Thomson, *Conférences scientifiques et allocutions* (traduction française), pages 306-307, pages 338-342, pages 345-353.

(2) Poincaré, *Optique et électricité*, tome I, page 61 et page 79.

(3) Poincaré, *la Science et l'hypothèse*, page 247.

(4) *Loc. cit.*, pages 250-251.

entre les objets réels, [c'est-à-dire] la seule réalité que nous puissions atteindre ». (1)

Les images au moyen desquelles nous nous représentons la réalité, sont choisies en raison de leur simplicité et de leur commodité; ce sont des raisons plutôt esthétiques que scientifiques qui dirigent dans le choix des hypothèses.

On est arrivé à un résultat bien différent de celui que l'on voulait atteindre : la mécanique a été ébranlée tout entière; ses théorèmes fondamentaux avaient été autrefois considérés comme ayant un caractère de nécessité, parce qu'ils étaient regardés comme exprimant les propriétés immuables de la matière; (2) aujourd'hui ils apparaissent comme de simples conventions commodes qui furent jadis justifiées par d'anciennes expériences faites à une époque où la méthode expérimentale était grossière et qu'on ne pourrait vérifier aujourd'hui d'une manière rigoureuse. Par une suite logique des idées on en est venu à se demander (3) « si le savant n'est pas dupe de ses définitions et si le monde qu'il croit découvrir, n'est pas tout simplement créé par son caprice ».

C'est pour combattre le scepticisme que M. Poincaré a écrit son livre sur « la science et l'hypothèse ». D'après lui c'est nous qui avons conféré aux lois fondamentales leur certitude, en les regardant comme des conventions; mais ces conventions ne sont pas arbitraires; « elles le seraient si on perdait de vue les

---

(1) *Loc. cit.*, page 190.
(2) Joseph Bertrand, *D'Alembert*, pages 39-40.
(3) Poincaré, *Loc. cit.*, page 3.

expériences qui ont conduit les fondateurs de la science à les adopter et qui, si imparfaites qu'elles soient, suffisent pour les justifier ». (1) On ne peut pas dire que l'expérience ait jamais prouvé la parfaite exactitude des lois ; mais les raisonnements faits à propos de ces expériences ont démontré que ces conventions étaient commodes. (2) Quand on examine l'histoire de la science on s'aperçoit que ses fondateurs avaient une grande liberté de choix ; leurs moyens d'observation étant fort imparfaits, les anciens savants n'étaient pas gênés par l'obligation de faire concorder les lois avec une multitude de déterminations précises. « Tous ces rapports, observe M. Poincaré, (3) seraient demeurés inaperçus si l'on s'était douté d'abord de la complexité des objets qu'ils relient... C'est un malheur pour une science de prendre naissance trop tard, quand les moyens d'observation sont devenus trop parfaits. C'est ce qui arrive aujourd'hui à la physico-chimie ; ses fondateurs sont gênés par la troisième et la quatrième décimales ; *heureusement ce sont des hommes d'une foi robuste.* » Autant dire qu'ils sont obligés de tricher et de ne pas tenir complètement compte de l'expérience ; le fait est subordonné à la commodité théorique.

Les principes de la mécanique se sont perfectionnés au cours des approximations successives par lesquelles a passé la science ; on n'a cessé de les remanier, en vue de leur donner des énoncés en rapport avec les besoins nouveaux. La thèse de M. Poincaré revient à dire que

(1) *Loc. cit.*, pages 132-134.
(2) *Loc. cit.*, page 164.
(3) *Loc. cit.*, pages 211-212.

la science est parvenue à s'ajuster *convenablement* à l'expérience de manière à éviter les *erreurs persistantes*. L'expérience ne prouve pas que les principes de la mécanique sont vrais, mais elle ne prouve pas non plus qu'ils sont faux; il semble même impossible qu'elle puisse jamais trancher une telle question. (1)

Il y aurait donc entre la nature et la science une harmonie mobile, qui dépend, en très grande partie, de nos procédés scientifiques d'explication. Il ne s'est pas encore rencontré de phénomène, si singulier qu'il soit, qu'on n'ait pu faire rentrer dans les explications des théories, au moyen d'hypothèses convenables. « On trouve toujours [des explications], dit M. Poincaré; (2) les hypothèses c'est le fonds qui manque le moins. » Ce savant se demande même quelle voie auraient suivie les physiciens, s'ils avaient voulu construire toute leur science en partant de l'hypothèse de l'immobilité de la terre; il semble, au premier abord, que l'expérience du pendule de Foucault aurait dû les avertir qu'ils faisaient fausse route: M. Poincaré estime (3) qu'avec de l'ingéniosité il serait possible de se tirer d'affaire au moyen d'un éther doué de propriétés convenables. Ces théories auraient seulement le tort de compliquer, d'une manière excessive, les explications : « Ils inventeraient quelque chose qui ne serait pas plus extraordinaire que les sphères de verre de Ptolémée et on irait ainsi accumulant les complications jusqu'à ce que le Copernic attendu les balaye toutes d'un seul coup en

---

(1) *Loc. cit.*, pages 118-119, pages 126-128.
(2) *Loc. cit.*, page 202.
(3) *Loc. cit.*, pages 138-141.

disant : Il est bien plus simple d'admettre que la terre tourne. »

Grâce à M. Poincaré, il ne sera plus permis de dire que la chose la plus admirable que présente la science, est qu'elle puisse servir à quelque chose : ce paradoxe avait été énoncé, il y a quelques années, par je ne sais plus quel géomètre; cependant la science apparaît encore, dans son livre, comme une construction bien fragile et il ne me paraît pas inutile de revenir une fois de plus sur les questions qu'il a traitées.

III

Je crois que pour résoudre les difficultés que présente la philosophie des sciences, il ne faut pas examiner les formes que prennent celles-ci quand elles sont arrivées à leur maturité, mais plutôt celles qui correspondent à leur période de formation. Nous allons, à cet effet, examiner quel est le rôle des hypothèses à l'origine de nos connaissances et nous chercherons ensuite à rattacher ce rôle aux méthodes expérimentales, de manière à remonter, peu à peu, vers les sources de la physique.

Il n'est pas douteux que des doctrines nouvelles ne peuvent parvenir à triompher que si elles sont appuyées sur des hypothèses et qu'ainsi la philosophie de la nature engendre tous les progrès de la science. Les hypothèses sont beaucoup plus importantes que ne seraient ces images dont parle M. Poincaré et qui servent à aider les mathématiciens; avant de tomber au rang de fossiles ou de figures du langage, elles ont été

la chair de la science. Auguste Comte avait jadis décrété qu'il fallait se garder des hypothèses et prétendu que leur emploi appartenait aux âges théologique et métaphysique; tout progrès eût été arrêté si ses contemporains l'avaient pris au sérieux, (1) car jamais on ne vit homme fermant les yeux avec plus d'entêtement sur les voies nouvelles que l'on explorait de son temps. Alors que Fresnel renouvelait la physique en montrant que l'élasticité de l'éther devait occuper désormais une place de plus en plus dominante dans les théories, Auguste Comte prétendait (2) interdire de faire aucune hypothèse sur les agents qui produisent les phénomènes et sur leur mode d'action; il repoussait (3) notamment l'idée de ramener l'optique au mouvement. Quelle faillite de la science, si les physiciens avaient lu les livres d'Auguste Comte ! Heureusement ils ne furent lus que par les médecins, ce qui était sans conséquence.

La création toute récente de la thermodynamique permet de voir quelle place appartient aux hypothèses dans la genèse d'une nouvelle science. Aujourd'hui on est tellement familiarisé avec le principe de l'équivalence qu'on est arrivé à le trouver évident et qu'on n'examine plus de très près les preuves expérimentales qu'on en donne. Il y a soixante ans, au contraire, on n'attachait qu'une attention médiocre aux faits, assez nombreux, qui étaient en contradiction avec la théorie

(1) Joseph Bertrand a donné d'intéressants détails sur la prétendue science d'Auguste Comte qui n'était plus prise au sérieux maintenant que par M. Brunetière (*Revue des Deux Mondes,* premier décembre 1896 : *Souvenirs académiques).*

(2) Auguste Comte, *Cours de philosophie positive* (édition Littré), tome II, pages 300 et 312.

(3) *Loc. cit.,* page 446.

du fluide calorique, dont la réalité paraissait évidente; on pensait qu'une science plus avancée expliquerait les exceptions apparentes. C'est en 1842 et 1843 que Mayer et Joule formulèrent la nouvelle doctrine et il fallut environ vingt ans pour la faire accepter; il est manifeste qu'on ne serait point parvenu à ce résultat en un si court laps de temps, si on n'avait été déjà accoutumé à regarder (depuis Fresnel) la chaleur comme une manifestation de mouvements cachés.

Les mémoires de Clausius éclairent, d'un jour très vif, l'histoire de cette doctrine; c'est lui qui, à partir de 1850, contribua surtout à entraîner l'opinion des physiciens; il se plaça toujours sur le terrain de la mécanique moléculaire et de l'identification des phénomènes de chaleur à des mouvements. Il nous apprend qu'il avait, dès l'origine de ses travaux, élaboré la théorie cinétique des gaz qu'il ne publia qu'en 1857; (1) peu de savants cultivent aujourd'hui cette théorie, qui fut accueillie autrefois avec un véritable enthousiasme (2) et à laquelle Maxwell, par exemple, consacra beaucoup de temps; (3) à l'heure actuelle nombre de physiciens la passent sous silence dans leurs livres, tant les résultats obtenus leur semblent être médiocres et les principes douteux. (4) Cette théorie, dont il ne restera peut-être

(1) Clausius, *Théorie mécanique de la chaleur* (traduction française), tome II, page 185.

(2) Thomson, *Loc. cit.*, pages 142-145. — Suivant cette hypothèse, les gaz sont formés de particules élastiques, lancées dans toutes les directions, rebondissant les unes sur les autres, et produisant sur les parois une pression par leur percussion.

(3) Poincaré, *Loc. cit.*, page 259.

(4) M. Poincaré ne l'expose point dans sa *Thermodynamique*. Conférez un article de lui dans la *Revue générale des sciences* du 30 juillet 1894 sur les difficultés que présente le postulat de Maxwell.

rien dans l'enseignement, occupe une place considérable dans l'histoire ; il paraît certain qu'elle détermina la vocation de Clausius et cela seul suffirait pour la sauver de l'oubli : à l'exemple de Clausius beaucoup de savants regardèrent le principe de l'équivalence comme étant une conséquence évidente du théorème des forces vives.

Le principe de la thermodynamique auquel on donne le nom de second principe, est beaucoup plus ancien que celui de Mayer et de Joule; il avait été énoncé sous une forme particulière en 1824 par Sadi Carnot (1) et développé en 1834 par Clapeyron ; comment se fait-il qu'on lui ait donné la deuxième place! Cela paraît d'autant plus singulier que ce principe est peut-être plus important que l'autre pour la physique. C'est Clausius qui a fait adopter cet ordre et, s'il avait consulté son amour-propre, il aurait eu plutôt intérêt à prendre le parti contraire, car il a beaucoup perfectionné la thèse de Carnot, à tel point que J. Bertrand a pu dire (2) que Clausius a fait preuve de modestie en conservant au théorème « le nom illustre de Carnot ». Clausius a été décidé par des motifs d'ordre philosophique; il voulait mettre en lumière le fait qui lui paraissait capital, à savoir que : toute la théorie nouvelle de la chaleur était subordonnée à des explications mécaniques; et il plaçait au second rang les propositions qu'il ne pouvait

(1) Poncelet mentionne la thèse de Carnot, en passant, dans l'*Introduction a la mécanique industrielle* (tome I, page 216) ; il annonce qu'il reviendra sur la question, mais il n'y est pas revenu. Il énonça, lui-même, un principe qui a une remarquable analogie avec celui de Mayer : mais personne n'y prit garde, parce qu'il n'avait pas pour appui une représentation mécanique.

(2) Joseph Bertrand, *Thermodynamique*, page 79.

encore faire dériver des représentations mécaniques. Le principe de Carnot lui semblait boiteux et il fit de grands efforts pour lui trouver une explication; en 1862 il en publia une qu'il avait déjà entrevue en 1854 (1) et après lui Helmholtz et Boltzmann reprirent la question.

Aujourd'hui la thermodynamique occupe une si grande place dans la science que nous avons quelque peine à comprendre qu'elle ait eu besoin, pour prendre cette place, des hypothèses moléculaires; on ne voit plus que si le principe de Carnot fut longtemps négligé c'est parce qu'il se présentait sous une forme abstraite, comme une loi simplement mathématique. Bien loin de chercher à expliquer mécaniquement le deuxième principe, (2) on juge utile de présenter le premier comme une loi expérimentale, indépendante des hypothèses sans lesquelles nos pères ne l'auraient pas admise. M. Poincaré estime (3) même que le grand avantage de la doctrine nouvelle consiste en ce qu'elle permettra peut-être d'élever tout l'édifice de la physique mathématique sans recourir aux hypothèses moléculaires, qui, il y a quarante ans, l'encombraient. Ainsi dans la science achevée a disparu tout ce qui a servi à la faire; l'esprit des mathématiciens est plus satisfait, mais les lois fondamentales semblent dépendre d'heureux hasards; la thermodynamique est arrivée au même but que la mécanique rationnelle; le lien qui la rattachait à la réalité devient obscur.

---

(1) Clausius, *Op. cit.*, tome I, page 252.

(2) M. Poincaré estime que cela n'est point possible. (*Thermodynamique*, chapitre XVII)

(3) Poincaré, *la Science et l'hypothèse*, page 155.

La mécanique rationnelle conserve encore beaucoup des traces de ses origines, c'est-à-dire des hypothèses qui ont servi à la construire au dix-septième siècle. Il y a là un phénomène d'autant plus remarquable que les hypothèses atomistes, qui se montrèrent alors si fécondes, n'avaient rien produit d'utile pour la science dans l'antiquité.

Le nouvel atomisme se constitua sous l'étroite dépendance des découvertes de Galilée ; c'est parce que la conception cartésienne n'était pas subordonnée aux lois de la chute des graves qu'elle demeura inutilisable. Deux faits sont particulièrement frappants dans la pesanteur : les corps tomberaient également vite dans le vide et ils ne subissent aucune altération dans leur mouvement ; ces deux faits se représentent parfaitement si on admet que les corps sont formés d'atomes tous égaux ; les corps ne diffèrent, dès lors, que par le nombre d'atomes qu'ils renferment et on obtient ainsi une définition très claire de la masse. (1) La notion de l'inertie dérive d'une manière très naturelle de là : si l'on sépare le corps pesant et la pesanteur, il devient possible de concevoir un atome isolé qui n'est soumis à aucune force et alors son mouvement continuera à être rectiligne comme dans le cas de la chute des graves, mais il n'y aura plus d'accélération.

La dynamique a pour objet de comparer tous les mouvements à la gravitation ; il lui faut donc trouver ou imaginer des masses dans tous les cas où il y a des

---

(1) Laplace définit la masse par le nombre des *points matériels* que renferme le corps (*Exposition du système du monde*, page 173). Les *points matériels* ne sont pas autre chose que les centres de gravité des atomes.

mouvements et raisonner sur des forces analogues à la pesanteur. Les corps électrisés s'attirent ou se repoussent; il faut donc qu'il y ait des masses électriques attractives ou des masses répulsives; les fluides fictifs sont aussi indestructibles que la matière pesante, à l'image de laquelle ils sont imaginés.

Les hypothèses moléculaires ont fourni de très grandes ressources pour l'invention; les géomètres les avaient si intimement combinées avec le calcul infinitésimal qu'il parut longtemps impossible d'aborder l'analyse des mouvements autrement qu'en partant de l'hypothèse qui réduit les corps à n'être qu'un ensemble de points matériels. Il semblait conforme aux principes de la science moderne de faire porter la recherche sur les moindres parties, pour s'élever de là jusqu'à la connaissance des figures dont les dimensions sont finies; on eut beaucoup de peine à s'imaginer que l'application du calcul infinitésimal n'exigeait pas l'atomisme.

L'atomisme moderne avait encore une autre raison d'être : il ressemblait à la mécanique céleste, puisqu'il supposait que tous les phénomènes physiques peuvent s'expliquer par des attractions exprimées en fonction des masses et des distances. Depuis les ingénieuses inventions de lord Kelvin, l'atomisme a pris une autre signification : il apparaît comme un mécanisme constitué avec des éléments de machines et on a montré que les forces centrales pouvaient être remplacées par des systèmes articulés. (1) Nous sommes ainsi amenés à concevoir les hypothèses d'une manière nouvelle et bien plus

(1) Poincaré, *Loc. cit.*, page 197.

déterminée qu'autrefois : elles auraient pour but de remplacer la nature par des combinaisons analogues à celles que nous employons dans nos appareils. C'est cette idée qu'il faudrait approfondir, pour comprendre vraiment le rôle légitime des hypothèses dans la science; mais avant de faire cette recherche, nous devons encore signaler un service éminent qu'elles rendent à la science, d'où les géomètres actuels voudraient les exclure.

IV

Les hypothèses présentent quelque chose de paradoxal : il est, de plus en plus, évident qu'elles sont tout à fait artificielles et que les atomes n'expliquent un phénomène qu'à la condition qu'on leur ait tout d'abord attribué des propriétés propres à donner cette explication ; (1) — et cependant l'histoire de la science nous apprend que notre confiance dans la certitude des lois dépend de la nature des hypothèses que nous formons pour les représenter. Les savants ont un sentiment plus ou moins précis de cette singulière situation, et c'est pour cela que beaucoup d'entre eux se résignent mal à l'indifférence ou au mépris que montrent beaucoup de géomètres pour les hypothèses ; ils comprennent que les lois physiques perdent quelque chose en perdant leurs prétendues causes physiques. (2)

---

(1) Stallo, *la matière et la physique moderne*, page 74.

(2) Il y eut, il y a dix ans, une discussion très vive entre M. Ostwald et MM. Brillouin et Cornu au sujet des hypothèses atomiques *(Revue générale des sciences*, 15 et 30 decembre 1895). Cornu croyait très fermement à la possibilité de connaître le mécanisme réel des mouvements intérieurs des corps ; il pensait même que l'on ne tarderait pas à découvrir le mécanisme qui est caché sous la loi d'attraction newtonienne. *(Annuaire du Bureau des longitudes pour l'an 1896*, A, 3-5)

Il est douteux qu'avant le dix-septième siècle on eût l'idée parfaitement claire de lois éternelles et immuables; les philosophes avaient toujours eu quelques hésitations et ils s'arrangeaient pour pouvoir introduire un peu d'incertitude. Aujourd'hui l'idée de telles lois est devenue banale, parce que l'atomisme, dont la science actuelle est tout imprégnée, a été construit de manière à exiger l'invariabilité de la loi. Les cartésiens ne se placèrent point sur ce terrain; et ce fut une des causes de leur infériorité : leurs corpuscules s'usant par les chocs, les lois physiques n'auraient pu rester immuables.

Une formule mathématique n'offre point de garanties suffisantes pour l'esprit; nous connaissons, en effet, beaucoup de lois empiriques qui ne dépendent que des combinaisons de hasards, comme les lois employées par les actuaires pour calculer les tables d'assurances. Il est donc naturel que l'on ait eu beaucoup de doutes sur la rigueur et l'immutabilité de la formule newtonienne. La simplicité pouvait tenir à un heureux hasard et peut-être une formule beaucoup plus compliquée et évoluant à travers les siècles représentait-elle la vraie marche des astres. Il y a une vingtaine d'années Faye a proposé d'expliquer la formation du monde en admettant une évolution dans la loi d'attraction; (1) cette loi comprendrait deux termes : le premier, proportionnel à la distance, aurait eu à l'origine une influence prépondérante et serait devenu insignifiant aujourd'hui; le second, inversement proportionnel au carré de la distance, aurait suivi une évolution opposée et serait maintenant le seul à considérer. Ainsi la formule de

(1) Faye, *Sur l'origine du monde*, page 202.

Newton ne serait que l'aboutissant d'une longue série de transformations; l'auteur ne nous dit pas ce qui se passera dans un avenir lointain.

Si nous avions eu une interprétation mécanique de l'attraction, l'hypothèse de Faye n'aurait pu se produire; mais comme les savants sont habitués à admettre qu'une telle interprétation finira par être trouvée et qu'elle est possible, ils n'ont pas regardé la cosmogonie proposée par Faye comme étant bien sérieuse.

De nos jours on a attaché une grande importance aux théories qui ont rapproché la lumière de l'électricité; mais il ne me semble pas que l'on ait bien vu jusqu'ici pourquoi ce rapprochement constituait un grand progrès; je ne suis pas du tout persuadé que l'unité ait autant d'intérêt pour le savant que le pense M. Poincaré; (1) l'avantage me semble consister en ce que les lois de l'électricité ont gagné en certitude en se rapprochant de celles de l'optique. Les phénomènes lumineux donnent lieu aux expériences les plus rigoureuses et ils se développent sur des espaces prodigieux; les anciens avaient eu déjà le pressentiment que l'optique est susceptible d'une connaissance géométrique et qu'elle peut ainsi prendre place à côté de l'astronomie : toute hypothèse qui rattachera une branche de la physique à l'optique aura, par suite, pour résultat de lui donner quelque chose du caractère de science absolue que possède l'optique. L'électricité avait grand besoin d'un tel secours, car ses lois n'avaient pas été déterminées d'une manière bien satisfaisante.

Nous sommes habitués à regarder les lois des petits

(1) Poincaré. *Loc. cit.*, page 204 et page 207.

mouvements comme étant particulièrement exactes, parce qu'elles expliquent fort bien les phénomènes acoustiques; chaque fois que l'on fonde une théorie physique sur la considération de tels mouvements, notre esprit est conduit à admettre que nous atteignons un degré supérieur d'exactitude : c'est en cela que l'unification des explications (par l'élasticité) est intéressante.

Je citerai encore la thermodynamique comme un exemple de l'influence des hypothèses sur l'idée de loi absolue. A l'époque où Mayer et Joule firent connaître le principe de l'équivalence, les physiciens en étaient venus à se défier beaucoup des lois simples : « Il fut un temps, dit M. Poincaré, (1) où la simplicité de la loi de Mariotte était un argument invoqué en faveur de son exactitude »; les expériences de Regnault avaient, en quelque sorte, renversé cette proposition et conduit à penser que les vraies lois naturelles sont extrêmement compliquées. La simplicité du principe d'équivalence devait donc le rendre douteux; et, en effet, dans les livres classiques publiés il y a un demi-siècle on trouve l'expression de ces doutes; cependant on est arrivé très vite à regarder ce principe comme étant parfaitement rigoureux. Il est facile de voir comment cette conception s'est imposée : on est parti de l'idée que la chaleur s'explique par le mouvement et que, dès lors, on peut appliquer ici les théorèmes généraux de la mécanique rationnelle : « On allègue le principe des forces vives, dit J. Bertrand, (2) et l'on passe outre »; la conviction

(1) *Loc. cit.*, page 173.
(2) Joseph Bertrand, *Thermodynamique*, page VI.

est devenue tellement forte que certaines personnes « traitent volontiers d'ignorants ceux que de sérieuses études conduisent à faire des réserves ».

Les hypothèses modernes présentent, en définitive, des caractères qu'elles empruntent aux mécanismes de la mécanique rationnelle ; alors même que les figures de ces mécanismes ne sont pas explicitement données (comme c'est le cas pour la thermodynamique), on suppose toujours que l'on peut appliquer les formules construites en vue de ces cas particulièrement simples et on transporte à la physique l'idée d'absolu qui appartient aux mouvements de la mécanique rationnelle.

V

L'examen des hypothèses nous amène toujours à considérer, à la place de la réalité, des appareils construits par l'homme et fonctionnant comme ceux que nous employons journellement; pour aller jusqu'au bout de la question, il nous faut chercher s'il n'y aurait pas quelque lien entre cette manière de construire les hypothèses et la méthode expérimentale, qui emploie des appareils construits avec tant de précision qu'on peut les regarder comme étant presque aussi parfaits que des figures géométriques.

Tout le monde assure que la science moderne est expérimentale, mais il n'est pas facile de trouver des explications bien satisfaisantes sur l'expérimentation; généralement on ne s'est occupé que de donner des conseils au savant, en vue de diriger ses opérations logiques, et on a négligé son outillage. Il est même arrivé que l'on ait regardé cet outillage comme tout à fait secondaire, en sorte qu'on ait cru qu'il n'y avait

aucune différence essentielle entre l'expérimentation et l'observation. (1)

C'est Claude Bernard qui a été, de notre temps, (2) le grand théoricien de la méthode expérimentale ; voici comment il décrit le processus de la pensée scientifique : 1° à propos de quelque fait observé naît ce qu'il nomme l'*idée expérimentale ;* celle-ci dépend du sentiment assez vague et très personnel que le savant a d'une explication possible des faits ; 2° « en vue de cette idée, il raisonne, institue une expérience et en réalise les conditions matérielles ; 3° de cette expérience résultent de nouveaux phénomènes qu'il faut observer, et ainsi de suite ». Le savant contrôle son idée par les faits et se garantit par la contre-épreuve contre une illusion possible, résultant des coïncidences. (3) « S'il n'y a pas, dit-il, (4) *au point de vue philosophique*, de différence essentielle entre les sciences d'observation et les sciences d'expérimentation, il en existe cependant une réelle, *au point de vue des conséquences pratiques* que l'homme peut en tirer et relativement à la puissance qu'il acquiert par leur moyen... A l'aide de ces sciences expérimentales, l'homme devient un inventeur de phénomènes, un véritable contremaître de la création » ; et ailleurs : (5)

(1) Chez Auguste Comte, cette différence s'efface complètement : voici comment M. Lévy-Brühl définit sa doctrine : « Ce n'est pas l'intervention de l'homme dans les phénomènes qui constitue proprement l'expérimentation. Celle-ci consiste, avant tout, dans le choix rationnel des cas (naturels ou factices, il importe peu) qui sont les plus propres à mettre en évidence la marche des phénomènes observés. » *(Philosophie d'Auguste Comte*, pages 205-206)

(2) Claude Bernard, *Introduction à la médecine expérimentale*, page 44. Conférez page 37 et pages 57-62 sur l'*idée expérimentale*.

(3) *Loc. cit.*, page 92 et page 97.

(4) *Loc. cit.*, pages 33-34.

(5) *Loc. cit.*, page 36. Conférez page 40.

« L'expérience n'est au fond qu'une observation provoquée dans un but quelconque. On sera seulement forcé de recourir à l'expérimentation quand l'observation que l'on doit provoquer n'existe pas toute préparée dans la nature. »

La grande préoccupation de Claude Bernard était de garantir les physiologistes contre des conclusions hâtives; il savait, par sa longue pratique, à quelles erreurs est exposé le savant qui opère sur les êtres vivants et qui se trouve souvent en présence de résultats contradictoires ou étranges. (1) Le matériel du laboratoire n'était pas alors aussi considérable qu'aujourd'hui et les instruments du physiologiste sont loin de présenter le caractère quasi-industriel de l'outillage du physicien; aussi Claude Bernard parle-t-il des moyens matériels d'une manière très sommaire, à peu près comme ferait un peintre recommandant à ses élèves de faire un choix judicieux de couleurs et de pinceaux. (2)

Les laboratoires des physiciens ressemblent aujourd'hui à des usines et beaucoup d'usines renferment des métiers bien autrement précis que les appareils que connaissaient les physiciens il y a seulement un siècle.

---

(1) Tout le chapitre II de la troisième partie est consacré à illustrer les principes du contrôle de l'expérience : « Le principe du déterminisme n'admet pas des faits contradictoires ; le principe du déterminisme repousse les faits indéterminés ou irrationnels ; le principe du déterminisme exige que les faits soient comparativement déterminés. »

(2) « Le choix heureux d'un animal, un instrument construit d'une certaine façon, l'emploi d'un réactif au lieu d'un autre, suffisent souvent pour résoudre les questions générales les plus élevées... Il faut avoir vécu dans les laboratoires pour bien sentir toute l'importance de tous ces détails de procédés d'investigation, qui sont si souvent ignorés et méprisés par les faux savants qui s'intitulent généralisateurs. » (Claude Bernard, *Loc. cit.*, pages 27-28)

Dans les deux cas, nous voyons triompher l'art du constructeur qui sait établir des outils fonctionnant avec la perfection des figures que considère la cinématique. L'habileté de l'opérateur ne joue plus un rôle prépondérant, comme cela avait lieu au temps où il fallait expérimenter avec des instruments rudimentaires; (1) maintenant l'automatisme se retrouve plus ou moins partout et il faut plus d'attention que d'apprentissage manuel.

Le grand fait qui domine toute la science moderne est cette identification croissante de l'atelier, de la fabrique automatique, et du laboratoire du physicien. C'est de ce grand fait qu'il faut partir pour reviser les principes qui sont demeurés jusqu'ici encore obscurs dans la science.

Il s'en faut cependant de beaucoup que l'automatisme ait encore autant dominé le laboratoire que l'atelier; mais c'est en raisonnant sur l'outillage le plus perfectionné que l'on peut comprendre celui dans lequel la main de l'homme intervient notablement. Nous savons maintenant que le travail de l'ancienne manufacture, fondé sur l'extraordinaire division des tâches, était une ébauche de la machine moderne; à une époque où l'art des constructions était dans l'enfance, un ouvrier exercé produisait des mouvements plus rapides et plus précis que les mécanismes; la division du travail a disparu quand on sut tailler des appareils suivant des principes

(1) Le très ancien laboratoire a été souvent caractérisé par ce mot de Franklin : « Scier avec une lime et limer avec une scie. » Il fallait se tirer d'affaire avec des outils mal adaptés aux expériences.

géométriques. Lorsque nous voyons aujourd'hui un homme travailler avec un outillage primitif, nous comprenons que son corps, la pièce qu'il tient à la main et son instrument forment une machine. (1)

Les laboratoires sont loin d'être aussi faciles à comprendre que les ateliers pour plusieurs raisons. Ils ressemblent aux usines qui existaient au début du dix-neuvième siècle, dans lesquelles existaient côte à côte des mécanismes très éloignés les uns des autres au point de vue d'une classification rationnelle. Les dispositifs des laboratoires constituent presque toujours des cas très particuliers que l'on a simplifiés tant qu'on a pu, en vue de diminuer l'encombrement et la dépense ; les cas particuliers sont toujours beaucoup plus difficiles à comprendre que les cas généraux. Enfin les appareils d'arrêt sont moins clairs dans la cinématique que les appareils de mouvement ; dans les laboratoires ce sont les premiers qui sont surtout employés. Mais, pour notre sujet, nous n'avons pas besoin d'entrer dans des questions de détail ; l'assimilation générale nous suffit.

Nous sommes amenés à nous faire de l'expérimentation une idée assez différente de celle qui est reçue ordinairement. La science expérimentale devra être ainsi définie : « Observer des mécanismes possédant, à un haut degré, le caractère géométrique, soustraits aux hasards et dans lesquels une certaine partie de la nature est englobée. » La machine, elle aussi, comprend

---

(1) Reuleaux prend comme exemple un rémouleur qui fait tourner sa meule avec son pied ; il montre comment on peut analyser ce mécanisme et le noter dans sa nomenclature. *(Cinématique,* traduction française, page 519)

un corps englobé dans sa combinaison de mouvements; c'est ce corps que Reuleaux appelle la *pièce d'œuvre;* (1) quelquefois l'outil façonne cette pièce et la force à prendre avec lui une relation géométrique (exemple : barre passant dans un laminoir); d'autres fois les pièces d'œuvre, déjà suffisamment affinées, servent d'outil l'une vis-à-vis de l'autre (exemple : fils qui se tordent dans le métier à filer); dans les machines de déplacement, le but est de mouvoir la pièce d'œuvre (exemple : locomotives).

Les anciens n'ont possédé d'appareils de précision que pour l'astronomie; tandis qu'on range celle-ci ordinairement parmi les sciences d'observation, je la considère comme la première des sciences expérimentales. L'opinion courante a quelque chose de choquant : il serait étrange que l'homme fût parvenu à des résultats hautement scientifiques dans une branche de connaissances qui serait dépourvue des moyens de recherche que l'on regarde comme étant les plus scientifiques. Si l'opinion reçue était vraie, on aurait quelque droit de se demander si nous n'exagérons pas l'importance de la méthode expérimentale : je crois qu'Auguste Comte a été conduit à se tromper sur l'expérimentation par suite de l'admiration qu'il éprouvait pour l'astronomie.

Un préjugé très général s'oppose à l'identification des instruments astronomiques avec les machines; nous associons, en effet, l'idée de machine avec celle de grosses forces et de changements de forme qui ne s'opèrent qu'en triomphant des résistances; mais Reu-

(1) Reuleaux, *Loc. cit.*, pages 512-514.

leaux fait observer (1) que c'est là une mauvaise appréciation des choses et que le théodolithe employé pour lever des plans est une machine. Dans l'appareil astronomique la main intervient pour forcer la lunette à se placer sur un astre déterminé, parce qu'on n'a point de moyen géométrique pour relier la lunette avec le ciel ; la *pièce d'œuvre* est le ciel.

La machine est une combinaison de pièces ayant pour but de produire certains mouvements : (2) les moyens qu'emploient les physiciens et ceux que met en usage l'ingénieur d'atelier, se ressemblent par les principes cinématiques mis en œuvre et non par les résultats : si l'on fait abstraction de ceux-ci dans la comparaison établie ici, il n'y a aucune raison pour ne pas compter l'astronomie parmi les sciences expérimentales. Par contre, il me semble fort douteux, malgré l'autorité de Claude Bernard, que la médecine devienne jamais une science expérimentale, parce que les combinaisons physiologiques ne peuvent pas être assimilées à celles de la cinématique.

On ne peut abandonner ce sujet sans se demander comment il se fait que les Grecs, si peu inventifs et si maladroits en mécanique industrielle, ont pu construire de bons instruments astronomiques. Des raisons d'ordre religieux avaient conduit presque tous les peuples anciens à traiter comme des objets d'art les appareils

---

(1) *Loc. cit.*, page 55.

(2) *Loc. cit.*, page 37 et pages 50-54. « Il est remarquable qu'à l'origine de la civilisation les inventeurs se sont plutôt occupés de créer des mouvements que de découvrir les modes d'emploi des forces naturelles. » (*Loc. cit.*, pages 234-236, page 256.) Cette remarque a une grande importance pour l'histoire.

destinés à l'observation du ciel et les artisans ont longtemps construit, avec beaucoup de luxe, ces appareils. Les artistes grecs étaient persuadés que la perfection la plus minutieuse des détails étaient un élément essentiel de la beauté ; l'exécution des temples manifeste bien cet état singulier d'esprit. Il était donc naturel qu'on apportât un soin méticuleux à la construction des sphères armillaires au moyen desquelles on observait le ciel ; les fondeurs et ciseleurs grecs étaient assez adroits pour résoudre le problème pratique qui leur était proposé. C'est donc sur l'industrie d'art que se fonda tout d'abord la science.

VI

Le constructeur moderne s'efforce de disposer les appareils de telle sorte qu'il puisse raisonner sur eux comme fait le théoricien; les dispositifs qu'étudie la mécanique rationnelle ne ressemblent guère à ce que nous voyons dans la nature (solides invariables glissant les uns sur les autres sans frottement, liens souples et inextensibles, fluides sans viscosité, ressorts d'une élasticité parfaite, milieux sans résistance); mais, en choisissant les matériaux avec soin, on peut réaliser avec une approximation extraordinaire quelques-unes de ces conditions, sans toutefois faire disparaître les frottements. Ceux-ci altèrent beaucoup le calcul des forces, mais d'ordinaire ne troublent guère la transmission des mouvements, en sorte que les constructeurs peuvent appliquer les résultats que fournit la cinématique.

Les physiciens ont rarement à tenir compte des résistances passives dans leurs expériences, en sorte qu'on peut dire qu'ils opèrent au moyen des dispositifs de la mécanique rationnelle, dans lesquels se trouve introduite la *pièce d'œuvre;* leur but est de soumettre les changements que subit celle-ci à une loi mathématique analogue à celles qui régissent les mouvements d'un mécanisme théorique. S'ils réussissent à trouver une

telle loi, ce n'est jamais que par approximation, et parce qu'ils ont substitué un corps fictif au corps réel; — et ce corps fictif est choisi de manière à ce que ses mouvements soient exprimables en formules mathématiques. (1)

Il y aurait complète indétermination dans la science si on ne se donnait point cette condition qu'il doit y avoir homogénéité dans le mécanisme, en sorte que la *pièce d'œuvre* théorique soit quelque chose d'analogue aux dispositifs de la mécanique rationnelle. Ainsi se trouvent justifiées les hypothèses; elles relient la physique mathématique aux méthodes expérimentales les plus perfectionnées et sont comme un *prolongement des mécanismes de laboratoire dans une expérimentation idéale*. Nous avons confiance dans la science moderne en raison de la perfection de ses procédés expérimentaux : nous avons confiance complète dans les lois mathématiques au cas seulement où un tel prolongement de l'expérience par l'hypothèse est accompli. Les faits signalés plus haut trouvent ainsi leur explication et le rôle des hypothèses est rattaché aux principes mêmes de la connaissance par expérimentation. C'est là une conclusion bien éloignée de la théorie d'Auguste Comte !

Les hypothèses de lord Kelvin nous montrent, de la manière la plus claire, l'homogénéité que je signale entre la *pièce d'œuvre* théorique et les mécanismes

---

(1) M. Poincaré dit que le procédé de la science consiste à introduire entre deux termes réels A et B un terme intermédiaire C qui ait avec A exactement la relation exprimée par la loi ; il reste entre B et C une loi approchée et toujours revisable *(Loc. cit.,* page 166). Il serait plus exact de dire que tous les termes réels ont été remplacés par des termes fictifs.

expérimentaux; mais il me semble que les anciens avaient déjà eu le sentiment de cette homogénéité, car ils combinèrent leurs hypothèses astronomiques de manière à les rendre semblables à leur outillage expérimental. (1) La théorie cinétique des gaz blesse nos habitudes actuelles d'esprit parce qu'elle n'offre aucune analogie avec les mécanismes perfectionnés ; aujourd'hui beaucoup de savants seraient disposés à n'admettre d'autres explications de la nature que celles qui sont fondées sur la considération des « liaisons géométriques analogues, par exemple, à nos systèmes articulés; ils veulent ainsi réduire la dynamique à une sorte de cinématique ». (2) Hertz avait cherché à introduire cette conception qui a l'avenir pour elle; sans doute, on peut penser, avec M. Poincaré, que d'autres hypothèses peuvent s'adapter aux formules; mais la question est d'ordre philosophique plutôt que d'ordre mathématique : l'hypothèse qui offre le plus d'homogénéité avec le mécanisme expérimental, est celle qui satisfait le mieux les aspirations de la science. (3)

Le but de la science expérimentale est donc de

---

(1) Je me permets de revenir à ce que j'ai dit déjà sur ce point dans la *Revue de Métaphysique et de Morale*, numéro de novembre 1903, page 720. Les anciens imaginaient dans le ciel des sphères portant des épicycles et ils n'admettaient pas qu'un astre pût venir choquer une sphère ; Faye montre comment cette considération (empruntée à l'idée qu'il faut donner au ciel une vraisemblance mécanique) conduisit les anciens à adopter deux systèmes différents pour se représenter les mouvements des planètes, suivant qu'elles sont extérieures (Mars et Jupiter) ou intérieures (Vénus et Mercure).

(2) *Loc. cit.*, pages 196-197.

(3) On serait ainsi conduit à abandonner complètement le mode d'exposition classique de la mécanique et à supprimer la dynamique du point : cette réforme a été proposée (Picard, *Quelques réflexions sur la mécanique*, page 14) : mais elle paraît présenter de bien grandes difficultés pédagogiques.

construire une *nature artificielle* (si on peut employer ce terme) à la place de la *nature naturelle*, en imitant les combinaisons qui entrent dans les mécanismes expérimentaux. L'histoire nous apprend que l'on peut parvenir à une approximation suffisante de plusieurs manières, en sorte que l'emploi qui a été fait pendant longtemps d'une hypothèse, ne doit pas nous arrêter quand nous croyons devoir en faire une nouvelle pour expliquer certains faits singuliers ; nous savons qu'il sera possible de combiner cette nouvelle hypothèse de manière à rendre compte des phénomènes qui semblaient dépendre de l'ancienne. *Il n'y a pas d'hypothèses nécessaires ;* c'est la conclusion à laquelle aboutit tout le livre de M. Poincaré et cela nous apparaît maintenant comme évident, parce que toute hypothèse est l'introduction d'un mécanisme étranger à la nature.

Il faut ici appeler l'attention sur un principe qui domine toute la mécanique appliquée des modernes : « Au lieu de s'efforcer, comme autrefois, dit Reuleaux, (1) de reproduire les procédés du travail à la main ou de la nature [les inventeurs] ont aujourd'hui une tendance, de plus en plus marquée, à demander la solution de chaque question à des procédés particuliers qui, le plus souvent, diffèrent complètement des procédés de la nature... Il n'y a guère que les rêveurs qui cherchent encore, de temps à autre, à imiter les procédés naturels. » (2)

---

(1) Reuleaux, *Loc. cit.*, pages 553-554.

(2) Reuleaux donne quelques exemples remarquables : « Pendant longtemps les efforts faits en vue de la création de la machine à coudre sont restés infructueux, parce qu'on s'obstinait à reproduire la couture à la main ; mais à partir du jour où l'on se fut

L'expérimentation étant une application des meilleures méthodes de la mécanique et les hypothèses étant construites en vue de remplacer les corps naturels par des mécanismes, il faut considérer qu'une hypothèse sera d'autant plus parfaite qu'elle n'aura aucune allure d'imitation de la nature et que la science devrait accuser sa séparation d'avec la nature d'autant plus fortement qu'elle acquiert une plus claire conscience de ses principes propres. Nous pensons donc que l'on a eu tort de tant chercher à dissimuler la contradiction qui existe entre la science et la nature.

Au fur et à mesure que nous imaginons de nouvelles dispositions expérimentales, nous découvrons des phénomènes insoupçonnés jusque-là; nous nous apercevons que certaines lois n'ont pas la généralité qu'on leur accordait et nous sommes amenés à fabriquer de nouvelles hypothèses qui maintiennent la science en harmonie avec une expérience de plus en plus étendue. Nous avons vu que M. Poincaré a signalé l'importance de cette adaptation continuellement perfectionnée de la science aux faits.

Nous sommes ainsi conduits à nous faire une conception de la science bien différente de celle qu'on avait autrefois. Jadis on supposait que la nature renfermait un nombre limité de genres, que chacun d'eux n'était susceptible que d'une seule définition, et que la science

---

décidé à introduire un nouveau mode de couture mieux en rapport avec les exigences mécaniques, la machine à coudre ne tarda pas à passer dans le domaine de la pratique. Le laminoir, dont le mode de travail est si différent du travail au marteau, a contribué, dans une forte mesure, à développer la production du fer. Certains moulins dans lesquels on avait cherché à imiter les fonctions des dents de l'homme ont eu un insuccès complet. »

était en état de former toutes ces définitions. Dans la réalité il fallait se contenter d'approximations, bien que certaines parties de la science fussent parvenues à un état à peu près définitif; cet état définitif était regardé comme atteint par la géométrie et probablement aussi par la mécanique rationnelle; aux yeux de certains savants, l'astronomie n'était pas loin d'être également une connaissance parfaite des principes du ciel. Les philosophes croyaient avoir le droit d'anticiper sur les découvertes scientifiques et de supposer que le monde est susceptible d'une connaissance universelle et mathématique; de là découlait la notion du déterminisme.

Aujourd'hui la science nous paraît infinie, tandis que le monde est très probablement limité tant au point de vue de son étendue que du nombre des êtres qu'il peut renfermer dans la suite du temps. (1) La science est infinie parce que le génie inventif de l'homme ne semble comporter aucune limite; chaque pas que nous faisons dans la voie du progrès, nous montre que nous n'avons encore trouvé que très peu de choses et que nous aurions la possibilité de réaliser beaucoup de combinaisons imprévues. « Plus une méthode est nouvelle et féconde, dit Joseph Bertrand, (2) plus elle étend le champ de l'inconnu. » Depuis que nous possédons une mécanique si prodigieusement riche en comparaison de la méca-

---

(1) Ce sont là deux conclusions très singulières que les fondateurs de la thermodynamique tirèrent de leurs doctrines : non seulement ils traitèrent le monde comme limité, mais encore ils affirmèrent qu'il tend au repos mécanique et à l'égalité de température. La science du dix-septième siècle supposait le monde infini et éternel : les évolutionnistes modernes ne se sont pas encore bien rendu compte de l'état de la question.

(2) Joseph Bertrand, *D'Alembert*, page 41.

nique misérable du dix-septième siècle, plus aussi nous avons acquis le sentiment de notre ignorance; nos pères avaient, au contraire, un sentiment singulier de leur savoir et il leur semblait que le domaine de l'inconnu se rétrécissait avec une grande rapidité devant leurs efforts. (1) On arrive donc encore à trouver que le monde réel et le monde artificiel (sur lequel opère la science mathématique) sont constitués suivant des principes opposés et que leur opposition apparaît d'autant plus clairement que la science a atteint un plus haut degré.

Les physiciens ont donc raison de dire que la science est conventionnelle: mais on voit que la liberté du choix est très loin d'être illimitée : jadis elle semblait nulle et on croyait qu'il y avait des hypothèses nécessaires, parce qu'on n'avait pas beaucoup de combinaisons pour créer un monde artificiel, capable d'être étudié mathématiquement; aujourd'hui que l'outillage de la mécanique (et de l'expérimentation) est devenu si riche, on est tenté d'admettre qu'on pourrait faire des choix tout arbitraires; mais il faut observer que, dans bien des cas, ces choix conduiraient à des conclusions équivalentes; en effet, beaucoup de mécanismes, qui semblent fort éloignés l'un de l'autre, appartiennent à un même genre. Le nombre des hypothèses plausibles et vraiment distinctes est, en réalité, assez restreint.

Il semble que la doctrine exposée ici devrait conduire à une solution paradoxale : les lois expérimentales dépendraient de l'outillage expérimental employé, alors qu'on admet toujours le contraire. Mais sur quoi se

(1) De là vient l'extraordinaire naïveté de la théorie du progrès chez Condorcet.

fonde-t-on pour admettre l'indépendance qui existerait entre les lois et le mécanisme expérimental ? Sur le postulat parfaitement faux de l'identité de la science et de la nature.

L'influence de l'outillage ressemble fort à celle des hypothèses : on peut arriver aux mêmes résultats avec des combinaisons assez dissemblables ; il faut aussi ajouter que les lois sont intercalées, d'une manière toujours un peu arbitraire, dans les déterminations expérimentales, en sorte que des expériences qui ne diffèrent pas beaucoup peuvent être regardées comme justifiant une même loi. (1) Les changements du mécanisme ne se traduisent donc pas nécessairement par des bouleversements scientifiques.

Il est clair que, de temps à autre, il se produit de tels bouleversements ; mais l'histoire montre que l'on arrive à conserver la plus grande partie des anciennes acquisitions. Cette curieuse conservation semble susceptible d'une explication très vraisemblable. Nous ne connaissons qu'un nombre assez restreint de familles cinématiques (2) et souvent une forme simple est un cas particulier d'une forme dont le type général ne paraît avoir, à première vue, aucune analogie avec elle. La loi anciennement observée peut dépendre moins de la particularité de l'ancienne expérimentation que des propriétés générales de la famille ; il est donc possible

(1) Et réciproquement des lois fort dissemblables ont pu être regardées comme vérifiées par une même série d'expériences.

(2) C'est ce qui résulte des analyses faites par Reuleaux ; quelquefois des machines tout à fait étranges peuvent être ramenées à des types généraux qu'on n'aurait jamais soupçonné leur être apparentés. On en trouve un exemple des plus singuliers dans une machine à vapeur rotative de Galloway (*Loc. cit.*, pages 443-444).

qu'elle ne soit pas atteinte par de grands progrès apportés dans la construction. Le plus souvent la loi ancienne devient une simplification d'une formule plus compliquée, comme l'ancien mécanisme est une simplification du nouveau.

Les lois relatives à l'énergie sont considérées par beaucoup de savants comme ayant une généralité absolue et comme devant résister à tous les progrès; M. Poincaré ne paraît pas très sûr que cette opinion soit fondée : il faut, pour donner au principe de l'équivalence toute la généralité qu'on lui attribue, choisir ce qu'on appelle énergie dans chaque cas particulier. (1) Il se pourrait que nous fussions donc dupes d'une illusion de langage; mais il semble bien cependant que tous les mécanismes possibles de la mécanique rationnelle soient tenus de se subordonner à une loi qui empêche le mouvement de produire les effets indéfinis.

Les lois de l'énergie pourraient bien appartenir à la science et ne pas être des lois de la nature.

---

(1) Poincaré, *Loc. cit.*, pages 158-161.

VII

La mécanique rationnelle sait fort bien qu'elle ne saurait identifier ses résultats avec les faits; depuis longtemps on a pris l'habitude de distinguer entre la théorie et la pratique. Il est regrettable que, pour des raisons en somme assez médiocres, on ait cru devoir jeter une certaine confusion dans les esprits en introduisant dans la science des éléments qui lui sont étrangers et qu'on pose, dans les livres de mécanique rationnelle, des problèmes relatifs au frottement, alors que les principes de cette science supposent que les corps glissent les uns sur les autres sans frottement.

La considération des résistances passives a été introduite à titre d'artifice; on a mesuré, dans quelques cas très simples, la part de travail qu'elles produisent et on en a déduit des lois empiriques très grossières que l'on applique de la manière la plus arbitraire; quelquefois même les applications qu'on trouve dans les livres sont positivement absurdes. On obtient ainsi une image de la nature qu'il faut encore corriger, pour arriver à la réalité, au moyen de coefficients que les praticiens manient d'une manière plus ou moins adroite. Il semble, au premier abord, qu'une manière de procéder

si barbare ne devrait pas conduire à des résultats bien satisfaisants, et cependant la mécanique appliquée parvient à résoudre des questions qui provoquent l'admiration universelle; comment y parvient-elle ?

Les problèmes que se pose le constructeur ne ressemblent point à ceux que traite le géomètre. Les auteurs de livres classiques ne mettent pas bien en évidence le grand écart qui existe entre ces deux genres de questions. Le mathématicien veut savoir la valeur que prennent certaines quantités qui dépendent de certaines données; tout problème aboutit pour lui à une équation qu'il est obligé de résoudre par des méthodes approchées, mais qui, dans son esprit, comporterait une solution rigoureuse. Le constructeur veut s'assurer qu'une machine, dont il a établi le projet, comporte assez de force pour l'usage industriel en vue duquel il l'exécute; il ne connaît que d'une manière assez sommaire les forces qu'exigent les outils; ces forces dépendent de l'alimentation en matières premières; le constructeur compte sur l'attention intelligente du conducteur qui réglera l'alimentation et la vitesse. Le problème ne se pose point *sous la forme d'une équation, mais d'une inégalité*. Si le constructeur ne redoute pas trop de faire une dépense supplémentaire, il se donnera une marge assez notable et sa machine produira plus qu'on n'espérait : ce fait a une influence considérable sur le progrès industriel. (1)

Ainsi il est possible de construire des machines excel-

(1) Dans la navigation les données sont particulièrement indéterminées et il faut se concéder une large marge : chaque nouveau paquebot réalise un progrès aux essais sur le programme donné au constructeur. Les vitesses vont ainsi toujours en augmentant.

lentes sans posséder des données physiques exactes et sans avoir à résoudre des équations analogues à celles de la mécanique céleste. Lorsque l'on dit qu'une telle science sert à prévoir, il faut entendre le terme *prévoir* dans un sens bien particulier!

Cette différence qui existe entre les manières de poser les problèmes montre encore cette grande opposition qui existe entre le monde artificiel et le monde naturel, entre la science et la réalité. Pour l'ancienne physique il n'y avait pas opposition, mais simplement une lacune que le progrès devait avoir pour effet de combler progressivement. La très vieille machinerie avait roulé d'une allure qui semblait échapper à toute loi; le hasard y avait régné en souverain; mais les constructeurs ont apporté tant de perfectionnements en vue de réduire les résistances passives et, du même coup, si bien régularisé la marche des appareils modernes (1) qu'on a pu croire que le frottement était destiné à tomber sous le coup des lois physiques. Il a été fait un très grand nombre d'expériences en vue de perfectionner les lois si grossières de Coulomb et de réduire ainsi tous les problèmes de la mécanique appliquée à des problèmes identiques à ceux de la théorie; mais l'expérience a dû enlever les illusions aux physiciens les plus entichés de déterminisme.

Le résultat de tous les efforts tentés dans cette voie me semblent pouvoir se traduire dans cette formule : « Il n'y a point de lois exactes pour les résistances

(1) Il semble que toute réduction dans la valeur moyenne du frottement ait pour effet de réduire, dans une proportion encore plus forte, les inégalités que présente celui-ci par rapport à sa valeur moyenne et de le rapprocher ainsi d'une *vraie force*.

passives. » La nature ne saurait donc se ramener à la science.

La mécanique céleste a pu se constituer jusqu'ici sans tenir compte des résistances que le milieu interplanétaire peut opposer aux astres; on a cependant cru nécessaire de prendre cette résistance en considération pour la comète d'Encke, « mais, dit M. Poincaré, (1) le milieu résistant qui rendrait compte des anomalies de cette comète, *s'il existe,* se trouve confiné dans le voisinage immédiat du soleil. Cette comète y pénétrerait; mais aux distances où sont les planètes, l'action de ce milieu cesserait de se faire sentir ou deviendrait beaucoup plus faible. » On a donc construit la science du ciel comme si tout se passait dans le vide et, comme il ne saurait y avoir d'autres résistances que celles du milieu interplanétaire, la mécanique céleste se trouve identique à la mécanique rationnelle. Mais on voit que cette identité de la nature et de la science tient à un accident et ne saurait constituer une présomption en faveur d'une identité analogue existant sur la terre.

Dans la physique terrestre, il existe un autre phénomène qui a fait croire à l'identité de la science et de la nature : l'acoustique s'explique très bien par la théorie des petites oscillations et la durée de celles-ci paraît être indépendante des résistances passives; il semble donc qu'il y ait une classe très importante d'expériences qui se présentent en complet accord avec la mécanique rationnelle. La résistance diminue l'amplitude des oscillations et le son s'atténue peu à peu; mais l'amplitude

(1) *Annuaire du Bureau des longitudes pour l'année 1898,* B, 3.

ne joue aucun rôle dans l'acoustique qui s'occupe seulement de la hauteur du son et celle-ci dépend seulement de la durée des oscillations. En étudiant le mouvement des pendules dans l'air, on a trouvé que la durée des oscillations n'était diminuée que dans une proportion prodigieusement faible ; on peut donc comprendre que dans l'acoustique on n'ait pas à se préoccuper des résistances passives ; mais il est clair que nous avons là un accident ; cet accident a eu une très grande portée, parce qu'il favorise la tendance qui conduisait à identifier la nature avec la mécanique rationnelle.

Les recherches faites à propos du deuxième principe de la thermodynamique ont jeté beaucoup de clarté sur cette question. Jusqu'à Clausius on n'avait songé à appliquer ce principe qu'aux phénomènes réversibles — c'est-à-dire que l'on écartait tous les cas où interviennent les résistances passives ; on aboutissait à une équation, comme dans tous les cas où la mécanique rationnelle s'applique. Clausius a montré que si les phénomènes sont irréversibles, on obtient une inégalité, ce qui constitue une forme de loi tout à fait insolite. Il ne faut pas croire que ce résultat puisse s'expliquer par l'imperfection de nos connaissances ; « c'est la nature même de la question » (1) qui l'implique. On a fait les plus grands efforts pour expliquer la théorie de Clausius par la mécanique ; mais cela semble impossible quand il s'agit de phénomènes irréversibles.

Je ne crois pas que l'on ait encore mesuré toute la portée de cette conclusion : elle doit être entendue dans ce sens que les phénomènes irréversibles (dont le frot-

(1) Poincaré, *Loc. cit.*, page 162.

tement est le type) ne comportent pas de lois, mais seulement des limites, comme la pratique des constructeurs nous avait déjà conduits à le supposer : cette coïncidence des conclusions tirées de l'industrie et de la plus grande loi de la physique moderne est bien remarquable.

Nous arrivons ainsi à considérer qu'entre la science et la nature existe la zone du hasard : c'est la zone des phénomènes irréversibles qui ne comportent aucune loi certaine. Il nous paraît fort douteux qu'on ait le droit de leur appliquer, en toute rigueur, les principes de l'équivalence; il n'est point possible de faire des expériences bien précises pour prouver l'exactitude de la loi de Mayer et de Joule, et si on l'a admise si facilement c'est parce qu'on a cru que la nier équivaudrait à admettre le mouvement perpétuel; mais M. Poincaré observe que (1) « l'impossibilité du mouvement perpétuel n'entraîne la conservation de l'énergie que pour les phénomènes réversibles ».

Les méthodes expérimentales permettent, dans un très grand nombre de cas, de rendre tout à fait négligeable l'influence des résistances passives et d'établir ainsi des contacts plus ou moins parfaits entre la science et la nature; ce sont ces contacts qui se traduisent par des lois qui font croire à la possibilité d'une identification permanente et universelle entre la science et la nature. A vraiment parler, il n'y a pas de loi de la nature, mais seulement des lois du mécanisme au moyen duquel nous reproduisons, dans certaines circonstances très particulières, certaines déterminations voisines de celles que donnent les corps naturels.

---

(1) Poincaré, *Loc. cit.*, page 157.

VIII

L'embarras des physiciens modernes provient de ce qu'ils n'osent pas généralement s'avouer à eux-mêmes, d'une manière bien explicite, que la science et la nature forment deux mondes séparés par les phénomènes irréversibles ; ils oscillent entre un scepticisme exagéré et une confiance trop grande dans les résultats de la science.

La doctrine exposée nous conduit à placer à part certains groupes de phénomènes et notamment ceux de l'astronomie. Pour le ciel la science et la nature seraient si près de coïncider qu'il serait inutile d'appliquer à ce cas la thèse de l'indétermination.

Une des grandes difficultés que rencontre la mécanique se trouverait éliminée dans la doctrine que je propose. Il semble qu'il n'y ait que des mouvements relatifs dans le monde, et cependant la science raisonne comme si le mouvement était absolu. La science a le droit d'opérer de la sorte parce qu'elle opère sur des mécanismes qu'elle se donne, qui sont analogues aux mécanismes expérimentaux et comme eux parfaitement isolables de la nature. (1) S'isoler de la nature dans une

(1) L'expérience suppose que cet isolement est pratiquement possible : s'il en était autrement la nature ressemblerait à un être vivant et ne pourrait soutenir qu'un changement arbitraire apporté sur une partie détruisît l'harmonie de l'ensemble et aboutît à une connaissance de l'être malade.

construction artificielle c'est créer le repos absolu et le mouvement absolu.

Ce sont les principes du déterminisme qui se trouvent surtout éclaircis par cette doctrine de la science; je vais indiquer sommairement sous quels aspects ils se présentent. On peut distinguer dans le déterminisme trois axiomes :

1° Si tous les phénomènes ne sont pas susceptibles d'explications mécaniques, ils se produisent cependant dans le temps avec une connexité entre leurs états successifs identique à celle qui existerait si une explication mécanique était possible;

2° Chaque groupe de phénomènes se produit comme s'il dépendait d'un mécanisme à liaisons si complètes que le mouvement d'un point y détermine les mouvements de tous les autres points;

3° Les divers groupes sont reliés entre eux d'une manière aussi nécessitante que le sont les diverses parties d'un même groupe, en sorte que le monde entier dépende du mouvement astronomique.

Dans les raisonnements déterministes ces trois axiomes sont toujours plus ou moins mêlés; on pourrait probablement les ramener à un seul énoncé; mais je crois que, pour la clarté des discussions, il vaut mieux les maintenir séparés.

Jusqu'à ces derniers temps les savants ne se sont pas beaucoup préoccupés du premier axiome; il leur semble évident que dans toute transformation un même signe dût apparaître après le même espace de temps; il est cependant évident que cela n'est vrai que d'une manière très grossière pour les êtres vivants, et que la durée

est pour eux organisée tout autrement que dans les phénomènes astronomiques. Mais on doit aller plus loin encore et se demander si, déjà, en chimie la durée est du type astronomique. (1)

Le deuxième axiome doit être rejeté comme confondant la science et la nature ; celle-ci demeure flottante autour de la science et n'est pas susceptible de lois ayant l'allure des lois que supposent les mécanismes. Le déterminisme manque dans nos machines ; à plus forte raison doit-il manquer dans les phénomènes naturels.

Le troisième axiome est déjà vicieux par les raisons qui font rejeter le second ; il présente un vice de plus. en ce qu'il suppose que tous les mécanismes que construit la science seraient reliés les uns aux autres. Une telle conception du monde est en opposition avec le principe même de la méthode expérimentale qui suppose la possibilité de s'isoler.

Les savants actuels ne croient plus pratiquement au déterminisme ; mais les préjugés d'une philosophie vieillie les dominent encore et ils n'osent avouer la doctrine qui correspond à leur pratique scientifique. Peut-être ce modeste travail aurait-il pour résultat de provoquer quelques réflexions utiles et d'amener les savants à mieux mettre en lumière les principes de la science.

GEORGES SOREL

(1) *Revue de Métaphysique et de Morale*, novembre 1903, page 727.

L'article que l'on vient de lire avait été publié pour la première fois dans la Revue de Métaphysique et de Morale. *M. Sorel a relu les épreuves de ce cahier. Les autres articles de M. Sorel publiés dans la même* Revue *sont dans l'ordre chronologique :*

1899 mars	*Y a-t-il de l'utopie dans le marxisme?* (traduit dans les *Saggi di critica).*
1899 mai	*L'éthique du socialisme.*
1900 juillet	*Le système des mathématiques.*
1901 mai	*La valeur sociale de l'art* (tirage à part chez Jacques, éditeur).
1902 septembre	*La crise de la pensée catholique* (réédité chez Jacques, éditeur).
1903 novembre	*Sur divers aspects de la mécanique.*
1905 novembre	*Les préoccupations métaphysiques des physiciens modernes.*

Comme annexe *à cet article, nous reproduisons ci-après le compte rendu que M. Sorel fit du livre de M. Poincaré à l'apparition de ce livre :*

Poincaré (Henri). — **La valeur de la science**. In-12, 278 pages; 3 francs 50. *Flammarion, éditeur, Paris*, 1905.

M. Poincaré semble avoir voulu marquer, d'une manière définitive, la frontière qui le sépare de l'école de M. Le Roy; mais je crois qu'il y aurait quelque chose à ajouter à ses explications pour permettre au lecteur de comprendre la vraie portée de cette discussion qui n'est pas seulement d'ordre scientifique. Pour M. Le Roy, la science est une exposition claire et logique de règles qui ont été construites, avec une extrême ingéniosité, pour pouvoir donner aux problèmes pratiques des solutions qui peuvent atteindre une très grande approximation; — la science mérite donc qu'on lui consacre beaucoup de temps, et les soins qu'on donne à cette étude se traduisent par de sérieux avantages dans la vie; — mais la science ne connaît pas le réel; on pourrait même dire qu'elle s'en éloigne d'autant plus qu'elle arrive à prendre la forme d'un *discours* plus parfait. De là découlent des conséquences d'une haute portée : 1° la science ne saurait nier en principe la possibilité du miracle; 2° sa condition essentielle est d'affirmer le mystère et sa propre incompétence; 3° le théologien qui, grâce à la révélation, essaie de lever un coin du voile mystérieux, ne peut être critiqué par la science. C'est en vue de ses conclusions religieuses que le système de M. Le Roy a été construit. M. Poincaré ne paraît pas disposé à les admettre et il cherche à se dégager des liens qui le rattachent à cette nouvelle philosophie. Il me semble qu'il n'y parvient qu'en prêtant parfois à son adversaire des exagérations qui ne correspondent pas, à mon avis, à la pensée de M. Le Roy,

mais que l'on peut seulement inférer d'une terminologie défectueuse employée par ce philosophe.

Les deux premières parties du livre sont traitées dans l'esprit de M. Le Roy, puisqu'elles tendent à démontrer qu'en aucune occasion la science ne peut rien affirmer de la réalité des choses. Nous sommes incapables de nous faire une idée claire de l'égalité de deux durées, ou même de l'antériorité d'un phénomène par rapport à un autre : « La simultanéité de deux événements, ou l'ordre de leur succession, l'égalité de deux durées, doivent être définis de telle sorte que *l'énoncé des lois naturelles* soit aussi simple que possible. Toutes ces règles, toutes ces définitions ne sont que le fruit d'un opportunisme inconscient. » (pages 57-58) La géométrie ne lui paraît pas certaine de ses principes les plus élémentaires : « L'expérience ne nous prouve pas que l'espace a trois dimensions; elle nous prouve qu'il est commode de lui en attribuer trois. » (page 125) Il est difficile de donner davantage raison à la philosophie de M. Le Roy; la différence qui existe entre ce dernier et M. Poincaré, consiste seulement en ceci : le second constate le caractère purement utilitaire des thèses scientifiques; le premier cherche à se représenter ce que pourrait être une philosophie de la connaissance qui admet ce caractère.

La seconde partie traite des difficultés que présente la physique moderne; on en est venu dans ces derniers temps à mettre en doute les principes qui paraissaient être les mieux établis : les expériences de M. Gouy sur le mouvement brownien seraient contraires au deuxième principe de la thermodynamique, à celui qui semblait pénétrer le plus profondément dans la nature des choses; (page 184) le dogme de la conservation de l'énergie a été ébranlé par les expériences calorimétriques sur le radium et il faudrait des expériences d'une durée irréalisable pour s'assurer que ce corps se comporte conformément aux anciennes lois; (page 199) on ne peut plus dire que le mouvement relatif puisse être jamais assimilé au mouvement absolu depuis que Rowland a montré qu'une charge électrique en mouvement équivaut à un courant; (page 185) il semblait que l'égalité d'action et de réaction fût presque une nécessité de

bon sens; mais elle ne semble plus compatible avec les nouvelles théories électriques; (pages 190-194) enfin il n'y a pas jusqu'à la permanence de la matière qui ne soit devenue douteuse; les masses seraient influencées par le fait d'une translation. (page 196) Ainsi, il faudrait renoncer aux principes c'est-à-dire aux thèses sur la nature des choses; mais les lois, déduites de l'emploi intelligent des expériences et du calcul, conserveraient toujours leur utilité et pourraient fournir des approximations toujours croissantes, grâce à l'introduction incessante d'éléments correctifs.

Pour pouvoir se maintenir sur le terrain des principes, il faudrait procéder d'une manière désespérée : il faudrait introduire des hypothèses capables d'échapper à tout contrôle expérimental, par exemple, celle d'une « énergie nouvelle et inconnue » qui sillonnerait l'espace et qui serait dotée de propriétés capables de rendre compte des faits observés sur le radium : « Quelle explication avantageuse et combien elle est commode ! D'abord elle est invérifiable et par là même irréfutable. Ensuite elle peut servir à répondre à toutes les objections que les expérimentateurs futurs pourraient accumuler. Cette énergie nouvelle et inconnue pourra servir à tout. » (page 208) Cela revient à dire qu'elle ne constitue qu'un moyen de dissimuler la vérité par des artifices mathématiques et qu'elle réduit à l'absurde les prétentions qu'avait la science de connaître la réalité.

Je ne suis pas tout à fait certain que la crise de la physique soit aussi neuve que le pense M. Poincaré; il a toujours existé sur les frontières de la science une large province de faits paradoxaux qui finissent à la longue par prendre une autre allure, non seulement parce que la science progresse, mais aussi parce que cette *marche pleine de paradoxes* arrive à être mieux connue. Si l'on prenait les mémoires de chimie publiés il y a soixante-dix ans, on verrait combien il a été difficile de se reconnaître au milieu de tant de contradictions. Je suis persuadé que la science doit être distinguée des savants et que ceux-ci se trompent au moins une fois sur trois quand ils abordent des terres nouvelles; quand ils ne se trompent pas complètement, ils voient les choses sous un aspect qui ne sera pas celui qu'on

leur reconnaîtra plus tard; toute exploration a débuté par une description de monstres que n'ont pas retrouvés les voyageurs ultérieurs. Je crois donc qu'il serait bon de faire porter le scepticisme un peu plus sur les découvertes des savants et un peu moins sur la science.

Je trouve dans la troisième partie une observation qui me paraît excellente : « Si je me félicite du développement industriel, ce n'est pas seulement parce qu'il fournit un argument facile aux avocats de la science; c'est surtout parce qu'il donne au savant la foi en lui-même et aussi parce qu'il lui offre un champ d'expérience immense où il se heurte à des forces trop colossales pour qu'il y ait moyen de donner un coup de pouce. Sans ce lest, qui sait s'il ne quitterait pas la terre, séduit par le mirage de quelque scolastique nouvelle, ou s'il ne désespérerait pas en croyant qu'il n'a fait qu'un rêve? » (pages 220-221) C'est là je crois le principe que l'on doit poser à la base de toute critique de la connaissance scientifique. Je suis singulièrement heureux de le trouver exprimé, d'une manière si parfaite, par le plus illustre représentant de la physique mathématique; j'avais essayé, il y a dix ans, d'appeler l'attention sur ce principe, mais je n'avais pas l'autorité nécessaire (1) : à mon sens, la science n'est pas tant dans le laboratoire que dans les arts usuels et il n'y a vraiment science que de ce qui est utilisé journellement par l'industrie.

Il me semble que M. Poincaré et M. Le Roy pourraient se mettre d'accord sur un point : le *discours parfait* que la science emploie gêne les vues sur la nature et il est un obstacle pour l'introduction des progrès scientifiques; c'est parce que l'on a voulu réduire la science à des applications de principes (qui sont des *discours parfaits*) que l'on a tant de peine à s'orienter aujourd'hui. Mais n'y a-t-il point quelque chose qui n'est ni la nature, ni le *discours parfait*, quelque chose qui est l'objet même de la science et l'organe de la recherche scientifique ? Ce quelque chose est le méca-

(1) Dans un article intitulé : *Ancienne et Nouvelle Métaphysique*. (*Ère nouvelle*, mars, avril, mai, juin, 1894)

nisme qui revêt trois formes : dans les arts usuels, dans l'expérience de laboratoire, dans les hypothèses modernes. Il me semble qu'il y aurait moyen de résoudre bien des difficultés en entrant dans cette voie.

Désormais, il n'y aurait plus à chercher si la science peut connaître la nature, puisqu'elle a pour domaine exclusif ce que l'homme réalise ; — l'expérience des arts usuels montre qu'on peut utiliser la nature dans des conditions régulières ; il y a donc possibilité de trouver des lois qui fixent, avec approximation, l'adaptation de la nature à nos mécanismes; (1) — tout conduit à croire que l'approximation peut s'étendre assez loin pour expliquer l'illusion que l'on a eue si longtemps de pouvoir établir une identité entre la science et le monde.

GEORGES SOREL

(1) Approximation qui est d'autant plus grande qu'il entre moins de la nature dans nos appareils ; les sciences ne s'appliquant rigoureusement qu'aux mécanismes entièrement créés par nous.

Le compte rendu que l'on vient de lire est emprunté à la Revue générale de Bibliographie française, *numéro du 25 octobre 1905, devenue la* Revue générale de Critique et de Bibliographie; *paraissant tous les mois; 66, rue Madame, Paris sixième; abonnement pour l'année :* France, Algérie, Tunisie, *dix francs*, Étranger et Colonies, *douze francs; on s'abonne sans frais à la* librairie des cahiers.

Les ouvrages de M. Sorel qui se trouvent en librairie sont aussi en vente à la librairie des cahiers; *notamment :*

Jacques, éditeur à Paris

1901 *L'avenir socialiste des syndicats.*
In-12, XIX+87 pages. (Épuisé)

1901 *La ruine du monde antique.*
In-18, 281 pages, 3 francs 50

1903 *Introduction à l'économie moderne.*
In-18, 385 pages, 3 francs 50

1903 *La crise de la pensée catholique.*
In-18, 47 pages, 0 franc 50

1901 *La valeur sociale de l'art.* In-8, 32 pages, 1 franc

1901 *Essai sur l'Église et l'État.* In-8, 63 pages, 2 francs

1906 *Le système historique de Renan.*
In-8, 475 pages, 11 francs

Sandron, éditeur à Palerme

1903 *Saggi di critica del marxismo* (traduction et préface de M. V. Racca).
In-8, XLVIII+401 pages, 3 francs 50

1906 *Insegnamenti sociali della economia contemporanea* (traduction et préface de M. V. Racca).
In-8, XXII+398 pages, 3 francs 50

Il a été tiré de ce cahier treize exemplaires sur whatman ainsi distribués :

premier exemplaire de souche, exemplaire du gérant;

deuxième exemplaire de souche, exemplaire de l'administrateur;

troisième exemplaire de souche, exemplaire de l'imprimeur;

dix exemplaires d'abonnement, numérotés de 1 à 10 exemplaires d'abonnement.

Tous nos exemplaires sur whatman sont numérotés à la presse et imprimés au nom du souscripteur; nos tirages d'exemplaires sur whatman sont rigoureusement limités au nombre d'abonnements à chaque instant souscrits; nous ne vendons point d'exemplaires sur whatman en dehors de l'abonnement; l'abonnement sur whatman à cette huitième série est de cent francs pour tous pays.

Les Cahiers de la Quinzaine *sont composés à la main, en caractères fin dix-huitième siècle (Didot) de la fonderie Mayeur (Allainguillaume et compagnie successeurs) 21, rue du Montparnasse, à Paris, sixième arrondissement.*

CAHIERS DE LA QUINZAINE, 8, rue de la Sorbonne, rez-de-chaussée, Paris, cinquième arrondissement.

Nos Cahiers sont édités par des souscriptions mensuelles régulières et par des souscriptions extraordinaires ; la souscription ne confère aucune autorité sur la rédaction ni sur l'administration ; ces fonctions demeurent libres.

Nos Cahiers paraissent par séries ; une série paraît dans le temps d'une année scolaire, d'une année ouvrière, d'octobre-novembre à juin-juillet ; l'abonnement se prend pour une série.

On peut souscrire cet abonnement à tout moment de l'année, mais l'abonnement ainsi souscrit est, de droit, valable pour la série en cours.

Prix de l'abonnement, *pour chaque série annuelle pendant le cours de cette série :*

Abonnement ordinaire...........	Paris, départements, Alsace-Lorraine, Algérie, Tunisie.... **vingt francs**
	Autres pays de l'Union postale universelle....... **vingt-cinq francs**
Abonnement sur whatman...	**cent francs** pour tous pays

Les exemplaires sur whatman, tirage non réimposé, sont numérotés à la presse et imprimés au nom du souscripteur ; le tirage à part sur whatman a commencé de fonctionner au premier janvier 1906 ; les inscriptions pour cet abonnement particulier sont reçues en tout temps et reçoivent un numéro d'ordre déterminé automatiquement par le rang même qu'elles occupent dans l'ordre de l'arrivée, les numéros les plus bas venant naturellement aux premières inscriptions ; c'est ce numéro d'inscription qui devient automatiquement le numéro du tirage réservé à chacun des souscripteurs ; l'édition sur whatman est strictement limitée au nombre d'exemplaires à chaque instant souscrit.

TABLE DE CE CAHIER

TABLE

Nous avons donné le bon à tirer après corrections pour seize cents exemplaires de ce seizième cahier et pour treize exemplaires sur whatman le mardi 9 avril 1907.

Le gérant : Charles Péguy

Ce cahier a été composé et tiré par des ouvriers syndiqués

Suresnes. — Imprimerie Ernest Payen, 13, rue Pierre-Dupont. — 1673

BIBLIOTHÈQUE
du
CONGRÈS INTERNATIONAL DE PHILOSOPHIE

4 VOLUMES IN-8°
CORRESPONDANT AUX 4 SECTIONS DU CONGRÈS

I. Philosophie générale et Métaphysique. In-8° de 482 pages, broché, 12 francs 50

BERGSON : Origines psychologiques de notre croyance à la loi de causalité. — Docteur BONNIER : Rapport de l'intuition spatiale avec les représentations intellectuelles. — BRUNSCHVICG : L'idéalisme contemporain. — CALDERONI : Métaphysique et positivisme. — CANTONI : L'enseignement de la philosophie. — CHARTIER : L'éducation du moi. — DAURIAC : Note sur la doctrine néocriticiste des catégories. — Docteur DURAND DE GROS : Psychologie de l'hypnotisme. — EVELLIN : La dialectique des antinomies. — HALÉVY : De l'association des idées. — LALANDE : Sur la critique et la fixation du langage philosophique. — LE ROY : La science positive et les philosophies de la liberté, etc.

II. Morale générale. *La philosophie de la paix; les Sociétés d'enseignement populaire.* In-8° de 430 pages, broché, 12 francs 50

BIRCH REICHENWALD AARS : La responsabilité morale. — BELOT : La véracité. — BOUGLÉ : Sociologie en action sociale. — BUISSON : L'idée de sanction en morale. — Docteur CARUS : La religion de la science. — RAUH : Notes sur l'idée de justice. — REMACLE : Du rapport de la morale chrétienne à la conscience contemporaine. — Mistress RUSSEL : L'éducation des femmes. — RUYSSEN : De la méthode dans la philosophie de la paix. — MOCH : L'arbitrage universel. — BARGY : Les sociétés de culture morale en Amérique. — Docteur STANTON COIT : Le mouvement éthique en Angleterre, etc.

III. **Logique et Histoire des Sciences.** In-8° de 690 pages, broché, 25 francs

Cantor : Origines du calcul infinitésimal. — Milhaud : Note sur les origines du calcul infinitésimal. — Bouasse : Sur l'histoire des principes de la thermodynamique. — Mac Coll : La logique symbolique et ses applications. — Johnson : Sur la théorie des équations logiques. — Schröder : Sur une extension de l'idée d'ordre. — Russell : L'idée d'ordre et la position absolue dans l'espace et le temps. — Burali-Forti : Sur les différentes méthodes logiques pour la définition du nombre réel. — Padoa : Essai d'une théorie algébrique des nombres entiers. — Macfarlane : Les idées et principes du calcul géométrique. — Lechalas : De la comparabilité des divers espaces. — Hadamard : Note sur l'induction et la généralisation en mathématiques. — Blondlot : Exposé des principes de la mécanique. — Poincaré : Sur les principes de la mécanique. — Le Verrier : Sur la genèse et la portée des principes de la thermodynamique, etc.

IV. **Histoire de la Philosophie.** In-8° de 530 pages, broché, 12 francs 50

Boutroux : De l'objet et de la méthode dans l'histoire de la philosophie. — Berthelot : L'idée de physique mathématique chez les philosophes grecs entre Pythagore et Platon. — Brochard et Dauriac : Le devenir dans la philosophie de Platon. — F. C. S. Schiller : Sur la conception de l'ἐνέργεια ἀκινησίας. — Tannery : Des principes de la science de la nature chez Aristote. — Lyon : La logique inductive dans l'école épicurienne. — Picavet : La valeur de la scolastique. — Landormy : La mémoire corporelle et la mémoire intellectuelle dans la philosophie de Descartes. — Delbos : Sur la notion de l'expérience dans la philosophie de Kant. — Belot : L'idée et la méthode de la philosophie scientifique chez Auguste Comte. — Vaihinger : La philosophie de Nietzsche, etc.

Pour savoir ce que sont les Cahiers de la Quinzaine, *il suffit d'envoyer un mandat de trois francs cinquante à M André Bourgeois, administrateur des cahiers, 8, rue de la Sorbonne, rez-de-chaussée, Paris, cinquième arrondissement. On recevra en spécimens six cahiers de la deuxième, de la troisième, de la quatrième, de la cinquième ou de la sixième série.*

Pour savoir ce qui a paru dans les cinq premières séries des cahiers, 1900-1904, envoyer un mandat de cinq francs à M. André Bourgeois, même adresse; on recevra en retour le catalogue analytique sommaire, 1900-1904, de nos cinq premières séries, *premier cahier de la sixième série, un très fort cahier de XII + 408 pages très denses, in-18 grand jésus, marqué cinq francs.*

Pour s'abonner à la huitième série des cahiers, qui est la série en cours, envoyer en un mandat à M. André Bourgeois, même adresse, le prix de l'abonnement; on recevra les cahiers parus, et de quinzaine en quinzaine, à leur date, les cahiers à paraître de cette huitième série.

Voir à l'intérieur en fin de ce cahier les conditions et le prix de l'abonnement.

Nous mettons le présent cahier dans le commerce; seizième cahier de la huitième série; un cahier vert de 96 pages; in-18 grand jésus; nous le vendons deux francs.





U D' / OF OTTAWA
COLL ROW MODULE SHELF BOX POS C
333 06 08 02 12 20 4